

கண்டேன் ஆற்றலை

ஃப்ரெஞ்ச் மூலம் : ஜீன் பியரி பெடிட்

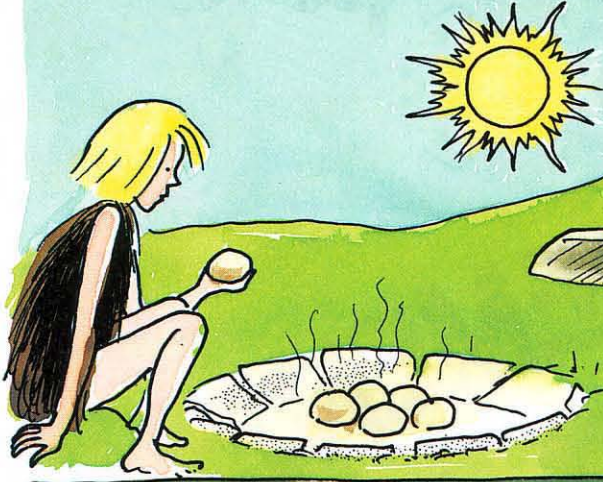
ஆங்கிலத்தில் : ஜான் மர்ஃபி

தமிழில் : உத்ரா துரைராஜன்



முன்னோட்டம்

ரொம்ப காலத்துக்கு முன்னாடி, ஒரு உலகம் இருந்தது. அங்கே, மக்களுக்கு நெருப்பைப் பற்றியே தெரியாது. சூரிய வெயிலில் உணவை உலர்த்திதான் சமைத்தார்கள்.



ஏதாவது மாத்து வழி கண்டுபிடிச்சா நல்லா இருக்குமே...



பகல் நேரத்தில் நன்றாகச் சூடேறிய பாறாங்கற்களை, இரவு நேரத்தில் தங்கள் குகைக்குள் எடுத்துச் சென்றார்கள். அதிலிருந்து வரும் கதகதப்பை பயன்படுத்திக்கொள்வதற்காக.

.... முடியல...

தூங்கிட்டியா நீ?

தூங்கமுடியல. கதகதப்பே இல்ல. கல் எல்லாம் குளிர்ந்து போச்சு.

நாம உரையப்போறோம்...

குளிர்காலம் வந்தா நிலைமை இன்னும் மோசமாகிடும். பாதிபேர் ஏற்கனவே குளிரால அவதிபடறாங்க.

என்ன செய்யற?

ஆற்றலை சேமிக்க ஒரு வழி கண்டுபிடிக்கறேன்



குகை

கற்கள்

தாழி

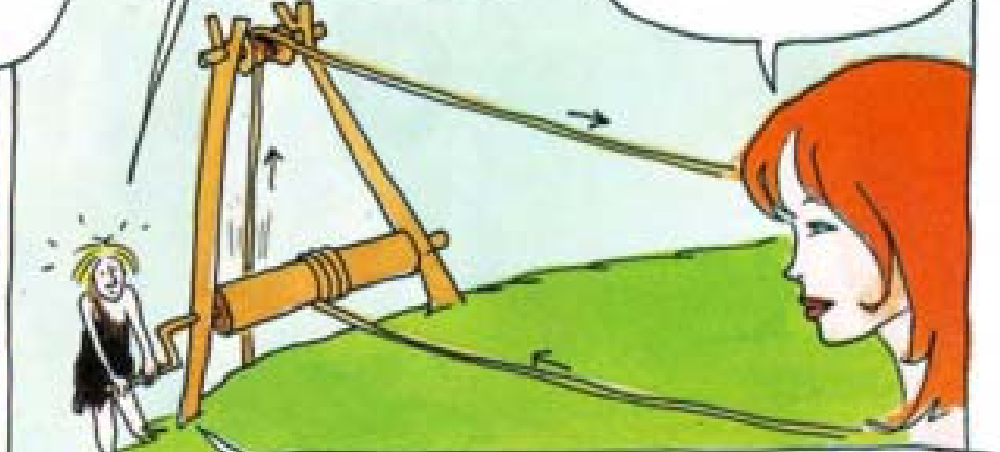
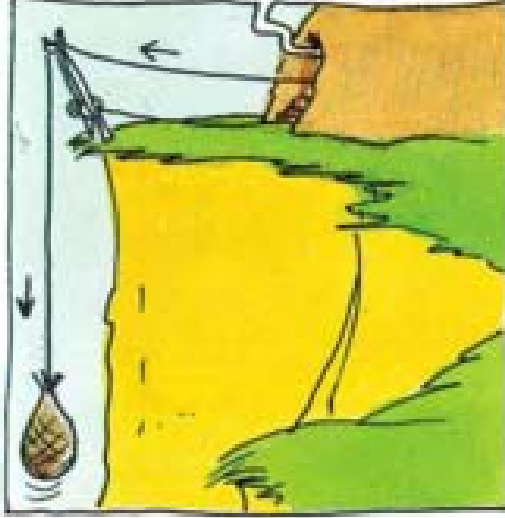
பாறாங்கல்

ஒவ்வொரு இரவும் பாறாங்கற்களை ஓடிஓடி கொண்டுவர சிரமமா இருக்கு.

அதனால் சூடான பாதைகளை
மேலே தூக்கும் ஒரு அமைப்பை
செஞ்சிருக்கேன்

கற்கள் பகல்ல வெயில்ல
காயும்படி, கயிற்றை
கட்டிவிடுவேன்

அப்படின்னா,
நிலை ஆற்றலை
நீ தேக்கி வைக்கிறாய்



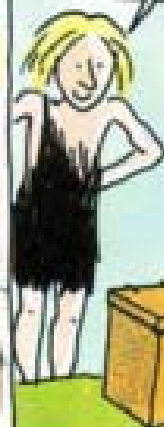
அது ரொம்ப உதவும். ஆனா ஏன் நாமேதான்
வேலையைச் செய்யவேண்டியதா இருக்கு?

இப்ப என்ன செய்யற
அகத்தியா?



.என்னோட ஆற்றல் சேமிப்பு
வழிமுறையை துல்லியமாக்கறேன்.

வந்துட்டோம்!



அந்தப் பெட்டிக்கு
உள்ளே ஆற்றலை
சேமித்திருக்கேன்னு
சொல்ல வாரியா நீ?



அக ஆற்றலை சேமிப்பதை
உணர்த்தும் அமைப்பை
வடிவமைத்திருக்கிறேன்.

?



என் தேவைக்கேற்றபடி இடம்
பெயர்த்து மீள்- பயன்கொள்ளக்
கூடிய ஆற்றல் இது.



ஓ ஓ ஓ ஓ ஓ ஓ ஓ ஓ ஓ ஓ

படார்!

வேதியாற்றல்

சக்தி!
அது அக ஆற்றல்
சேமிக்கும் முறை,
அவ்வளவே!



குகையை சுத்தம் செய்யப்போகிறேன்.
இந்த வெடியுப்பையும், கந்தகத்தையும் பாரேன் ...



மின்னல் தாக்கியதால்
சருக்கிய மரத்தின் கரி



இதை நான் சுத்தம்
செய்யாவிட்டால்
சக்தி என்னை உதைப்பாள்.



அப்பாடி! இந்த ஒரு
கல் மட்டும்தான் மிச்சம்.



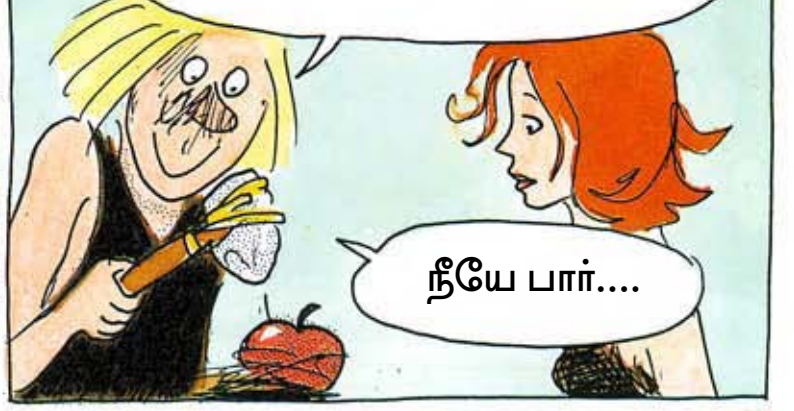
டமால் !



சக்தி! நான் எதையோ கண்டுபிடித்துவிட்டேன்.
இந்த கருப்புத் துகளில் ஆற்றல் உள்ளது.
கண்டேன் ஆற்றலை!



இதனை பயன்படுத்தி சமைக்கவும்
வெம்மையாய் வைக்கவும் முடியும்!

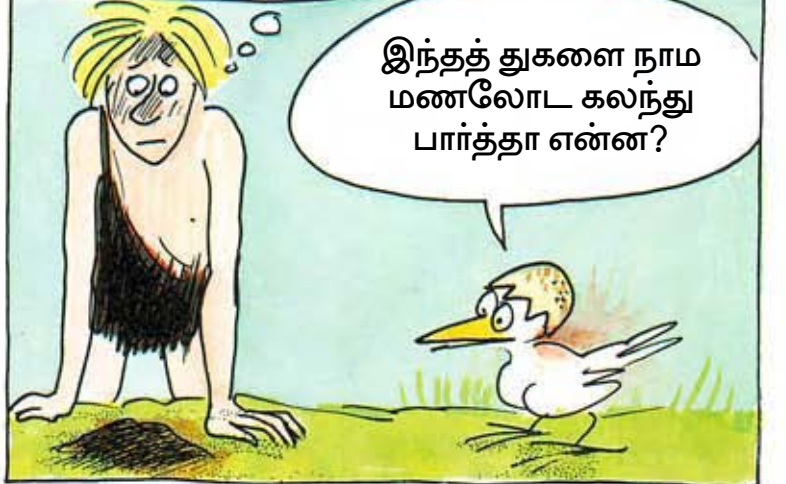


நீயே பார்....

சரிதான், ஆனால் இதை
பயன்படுத்துவது எளிது கிடையாது.
இதுதான் என் அபிப்ராயம்.



அப்போ, நான் இதை
மறந்துட வேண்டியதுதானா?



இந்தத் துகளை நாம்
மணலோட கலந்து
பார்த்தா என்ன?

இது வேலை செய்யுது!!
இந்தக் கலவை கொஞ்சம் கொஞ்சமா
ஆற்றலை வெளியிட மணல்
துணை செய்யுது, பார்!



வரப்போற பனிக்காலத்துல
நாம் உறைஞ்சிடமாட்டோம்.

ஆற்றலைகூட நம்மால்
கட்டுப்படுத்த முடியுது.



இது நிறைய வெப்பத்தைத் தருது,
ஆனா மூச்சுவிட முடியலையே.

நம்மால சுவாசிக்க முடியல.

புகை குளிர்ந்து
புகைக்கரியா மாறுது.
கரியைதூர வீசிடலாம்.

இந்த பைக்குள்ள புகையை
அடைப்பது நல்ல பலன் தருது.

இது எளிதான வழி இல்லைன்னு
நான் ஒத்துக்கத்தான் வேணும்.

ஐய்யோ, இங்க சேர்த்திருக்கும்
இவ்வளவு புகைக்கரியையும்
எங்கேயும் வீசமுடியாதே.
நான் ஏரி நீரை
விஷமாக்கிடுவதாய் ஆகிடுமே!

அணுக்கரு ஆற்றல்

விநோதமா இருக்கே.
அந்தச் சுனையின் நீர் கொதிக்குதே.

அதற்கான ஆற்றல்
எங்கிருந்து வருது?

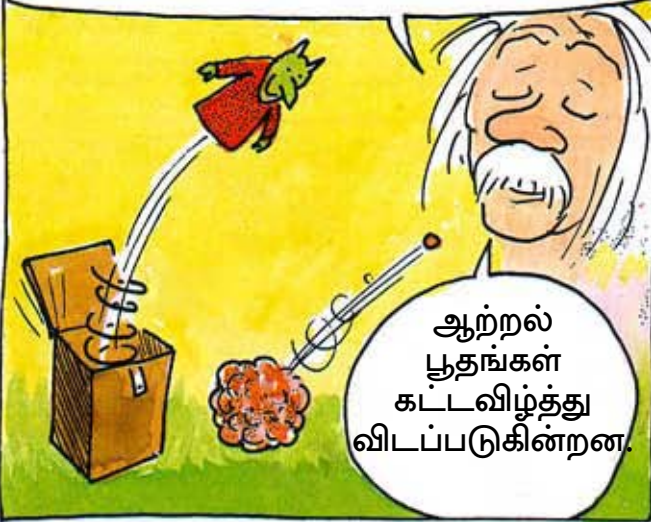
ஒருவேளை பூமிக்குக்
கீழே பூதங்கள் ஏதாவது
இருக்குமோ?

பூதங்கள் மறைந்திருக்கும்
பெட்டிகள் இருக்கா?



யுரேனியம் போன்ற குறிப்பிட்ட ஒருசில
அணுக்களின் கருவிற்குள் ஆற்றல்
புதைக்கப்பட்டுள்ளது என பழங்கதை
ஒன்றில் உள்ளது. சூரியனில் உருவானவை
இந்த அணுக்கள். சூரியனின் உள் உலையில்
உருவானவை. அப்புறம் வெளித்தள்ளப்பட்டு,
பூமி உருப்பெற்றபோது, அதன்
திண்மத்தில் கட்டுண்டன.

ஆனால் இந்த அணுக்கள் திடமான
பெட்டிகள் இல்லை! சமயத்தில்
இப்பெட்டிகளின் மேல்மூடி
பட்டென பறப்பதும் உண்டு.



பழங்கதைப்படி, காலத்தின் இறுதியில், எல்லா
பூதங்களும் அதனதன் பெட்டிகளிலிருந்து
வெளியேறிவிடும். இதுபோன்ற ஆற்றல் எதுவும்
அண்டத்தில் மிச்சம் இருக்காது.



காத்துபோன பந்தைப்போல
பூமிப்பந்து சப்பிப்போயிருக்கும்.

ஆனால் அதற்கு ரொம்..ப
ரொம்...ப காலம் ஆகும்.



அம்மாடி!
தப்பிச்சோம்!

இவ்வளவு ஆற்றலை நமக்காக
சேமித்துள்ள ஆண்டவனின்
முன்யோசனைக்கு நன்றி
சொல்லித்தான்
ஆகவேண்டும்.

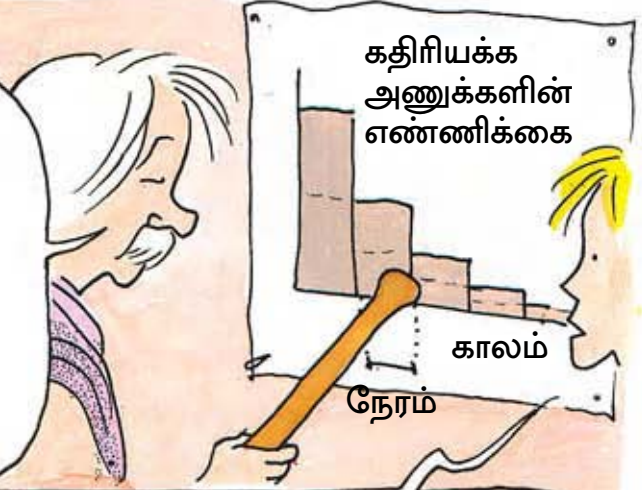
சரி, பூதங்கள் அதனதன் பெட்டிக்குள்
எவ்வளவு காலம் கட்டுண்டு இருக்கும்?
அணுக்கருக்கள் எவ்வளவு காலம்
தங்களிடம் உள்ள ஆற்றலை வைத்திருக்கும்.



மகனே, அது பெட்டிகளை பொறுத்தது,
அதாவது அணுக்கருக்களைப் பொறுத்தது.

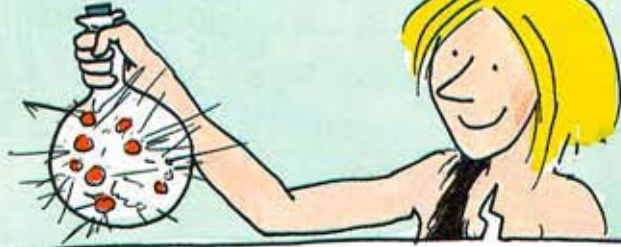
ஒரு தனிமத்தின் கதிரியக்க காலம்.

பூதங்கள் உள்ளிருக்கும் பெட்டிகளின் அமைப்பு ஒன்றை எடுத்துக்கொள்ளலாம். அதன் அரை ஆயுட் காலத்திற்குப் (half life period) பிறகு, பாதி பூதங்கள் தப்பித்துவிட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு அரை ஆயுட் காலத்துக்குப் பின்பும், இருப்பதில் சரிபாதி பூதங்கள் ஒடிப்போயிக்கும். இந்தக் காலம் ஒவ்வொரு தனிமத்துக்கும் மிகவும் வேறுவேறாக இருக்கும். ஒரு சில நூறாயிரம் ஆண்டுகளாகவும் இருக்கலாம். அல்லது ஒரு விநாடியின் சிறு பகுதியாகவும்கூட இருக்கலாம்.



பூதங்கள் நிரம்பிய இந்தப் பெட்டிகள் மட்டும் இல்லையென்றால், பூமிக்குள் ஆற்றல் செறிந்த இந்த கருக்கள் இல்லாமல் போயிருந்தால் இந்நேரம் நம்முடைய குளிர்காலம் மேலும் கடுமையாய் இருந்திருக்கும்.

ஆற்றல் புதைந்த இந்த எல்லா அணுக்களையும் நான் கண்டுபிடித்துவிட்டால் ரொம்ப நல்லா இருக்கும், இல்ல?



தேவைக்கு ஏற்ற அளவு ஒரு குடுவையில் இவற்றை அடைத்துவிட்டால், பனிக்காலம் முழுதும் எனக்கு வெப்பம் கிடைத்துவிடுமே.

பார்த்து அகத்தியா வேதியியல் ஆற்றல் சுருள்களைவிட அணுக்கரு ஆற்றல் சுருள்கள் மிக அதிக ஆற்றல் கொண்டவை, நூறாயிரம் மடங்குகள் ஆற்றலுடையவை.



பஏக்!

அணுக்கரு



ஓ! அதனால்தான் அணுக்கருக்கள் மிகமிகக் கொடூரமான பூதங்களை ஏவுகின்றன.

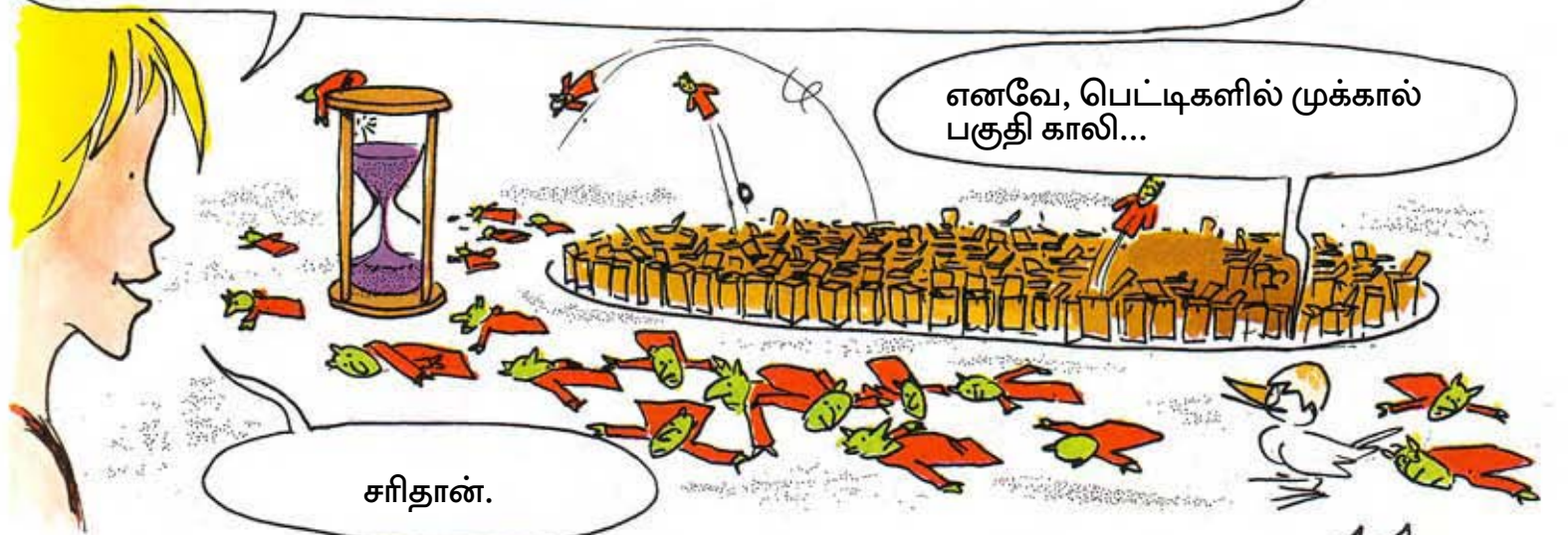
ஆல்பர்ட் ஐயா சொல்வது உண்மையா என பார்க்கலாம். இந்தப் பெட்டிகள் ஒன்றன் பின் ஒன்றாக தானாகத் திறந்துகொள்ளக்கூடியவை.



ஆமாம்! அவற்றின் அரைவாழ்வு காலத்துக்குப்பின், பாதி பெட்டிகள் காலியாகியுள்ளன.



அடுத்த அரைவாழ்வு காலத்துக்குப் பின், மிச்சம் மூடியிருந்தவற்றில் பாதி, பூதத்தை ஏவியபின் காலியாகியுள்ளதே...



ஆக, நேரம் ஆக ஆக, திறக்கும் பெட்டிகளின் எண்ணிக்கை குறைந்து கொண்டே வரும் என்பது புரிகிறது.

ஆரம்பத்தில் பூமிப்பந்து ரொம்ப ரொம்ப கதிர்வீச்சு உடையதாய் இருந்திருக்க வேண்டும்.

அப்புறம் அது அடங்கி அமைதியாக ஆகியுள்ளது.

ஆற்றல் மாற்றம்

அட, இதிலிருந்து சூடு எங்கே போச்சு?

சமைக்கும் பாத்திரத்தில் இதை போட்டால்தான் என்ன?

பார்க்கலாம்...

வெற்றி! வெற்றி! கதிரியக்க அணுக்கள் வெளியிடும் ஆற்றலை நீர் எடுத்துக்கொண்டு வெப்ப ஆற்றலாய் மாற்றுகிறது.

ஆனால் இந்த இயற்கை கதிரியக்கம் ரொம்ப ஒன்னும் ஆற்றலை வெளியிடவில்லையே.

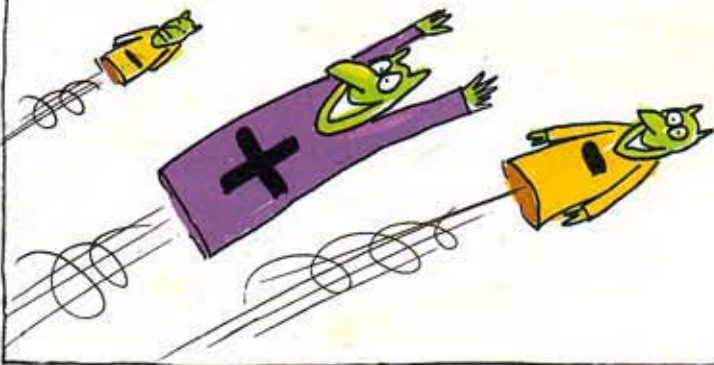
எனவே, நம்மை கதகதப்பாய் வைத்துக்கொள்ள நமக்கு ரொம்ப நிறைய கதிரியக்கப் பொருள் தேவைப்படும்.

பூதங்களின் பல வகைகள்

அடிப்படையில் ஒரே ஒருவகை பூதம்தான் உள்ளது. கரு வெளியிடும் கதிர்வீச்சு X அல்லது γ இவை கண்ணால் பார்க்க முடியாத ஒருவகை ஒளி



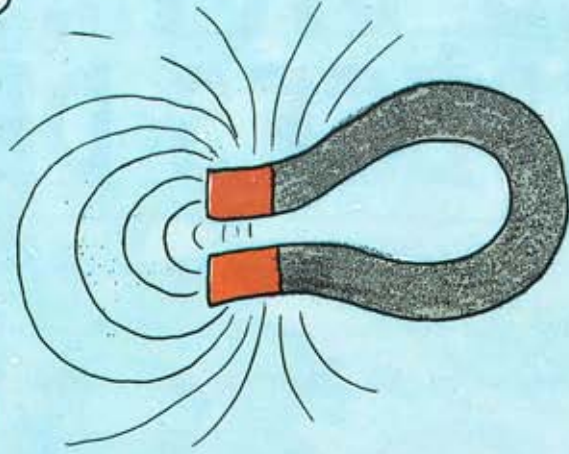
பிறவகை பூதங்களும் உள்ளன, மின்னூட்டமுள்ளவை.



அவை வேகமாகப் பாயுமா?

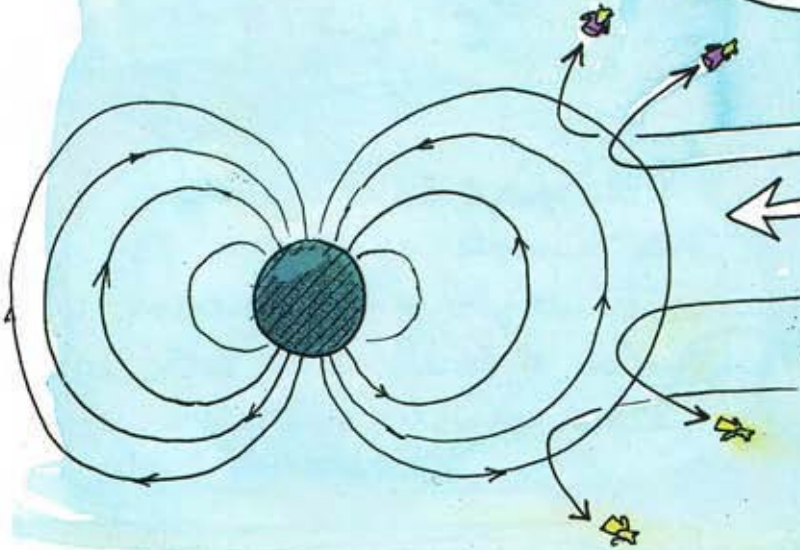
அது அவற்றின் ஆற்றலைப் பொறுத்தே. ஒரு நொடியிலேயே பல்லாயிரம் கிலோமீட்டர்கள் வேகத்தைக் கூட அவற்றால் எட்டமுடியும்.

அந்த கதியில் அவை நேராய் எதனுள்ளும்
சரேலென்று புகுந்து வெளிவரமுடியும்
இல்லையா...



இல்லை, காந்தப் புலனால் அவை
தூரத்தியடிக்கப்படுகின்றன

சூரியனிலிருந்த வெளிவரும் மின்னூட்டத்
துகள்கள் (சூரியக் காற்று solar wind)
பூமியின் காந்தப் புலனால்
பிரதிபலிக்கப்படுவது போலவே.(★)



அப்படி என்றால் தன்னுடைய காந்தப்
புலனால் பூமி பாதுகாக்கப்படுகிறது.
சரிதானே?

மிகவும் சரி. பூமிக்கு இயற்கையாக
அமைந்த காந்தப் புலன் எனும் கவசம்
இல்லாதிருந்தால், சூரியனிலிருந்து வரும்
மின்னூட்டத் துகள்கள் உயிர்த் திசுக்களை
மிகவும் பாதித்திருக்கும்.

இந்தப் பிசாசுகளின் மூன்றாவது வகை ரொம்ப ரொம்ப
மோசம் : ந்யூட்ரான்கள். அவை 20,000 கி.மீ./நொடி
வேகத்தில் பறக்கும். அவற்றுக்கு மின்னூட்டம் இல்லாததால்
காந்தப்புலம் அவற்றைத் தடுக்காது.



கம்பிச் சுருள்

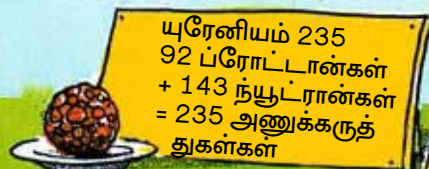
உயிர் திசுக்களுக்கு இவற்றால் சரிசெய்யமுடியாத
அளவுக்கு பாதிப்பு ஏற்படக் கூடும். இவற்றிடமிருந்து
நாம் நம்மை காப்பாற்றிக் கொள்ளவேண்டும்.

ந்யூட்ரான்களுக்கும், மின்னூட்டத் துகள்களுக்கும் நிறை
உண்டு. அவற்றின் இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2}mv^2$. திண்மம், பாய்மம்,
வளிமம் எல்லாமே இவற்றை உள்வாங்கிக் கொண்டு,
வெப்பமாய் மாற்றிவிடும். அணுக்கருவைப் பற்றி நிறைய
தெரிந்துகொள்ள ஆர்வமாய் இருக்கிறேன்.



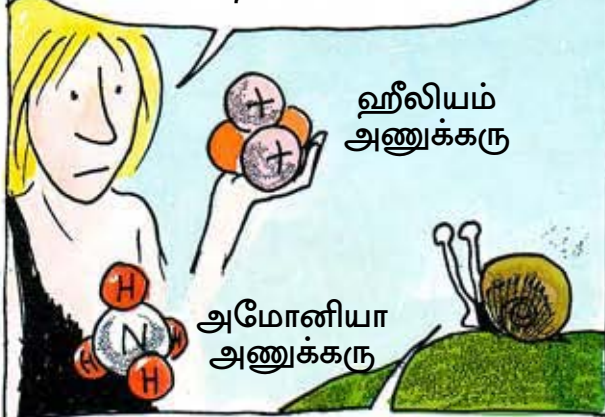
அணுக்கரு நிலைத்தன்மை

அணுக்கருவை செய்ய உங்களுக்குத் தேவையானவை :
நியூட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் மற்றும் மேஸான்கள்

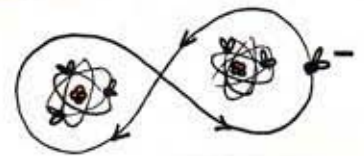


மூலக் கூறுகளில் எலக்ட்ரான்கள் போல ஓரளவுக்கு (அணுக் கருவில்)
இந்த மேஸான்கள் செயல்படுகின்றன-பிணைவுக்கு ஏது செய்கின்றன.

அணுக்கருக்கள்
மூலக்கூறுகள்
போன்றவையா?



அணுக்கருத் துகள்களின் சீரிய திரளே
அணுக்கருக்கள். அணுக்கருக்களின்
சீரிய திரளே மூலக்கூறுகள்.
சொல்லபோனால், மூலக்கூறுகளின்
சீரிய திரளே நாம் எல்லாம்!



மூலக்கூற்றில், இணைப்பை
உறுதி செய்யும் எலக்ட்ரான்கள்.

மூலக்கூறுகளின் அமைப்பை
விவரிப்பது வேதியியல்



ஆக்ஸிஜன்
கூட்டல்
ஹைட்ரஜன்



அணுக்கருக்களின் அமைப்பை
விவரிப்பது அணுக்கரு இயற்பியல்

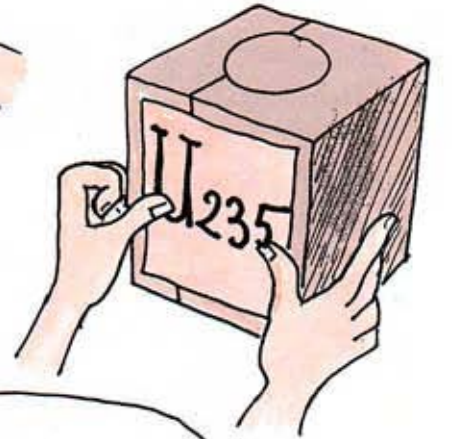
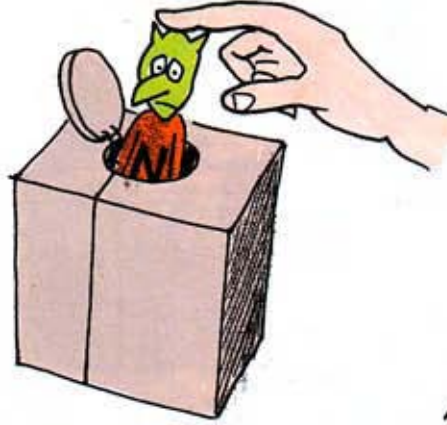
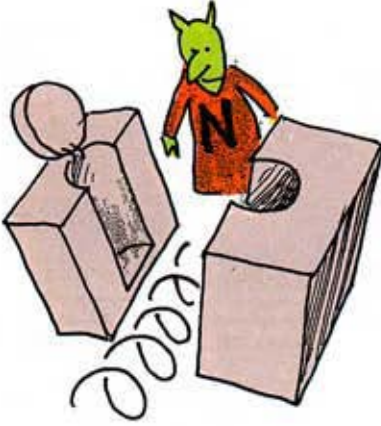
மிகக் குறைந்த அரை
ஆயுட்காலம் உள்ள
அணுக்கருக்கள் (unstable)
நிலையற்றவையாக
கருதப்படுகின்றன.

ஆனால் மிக நீள அரை ஆயுட்காலம் உடைய
குறிப்பிட்ட சில அணுக்கருக்களின் மீது
நியூட்ரான்கள் பாயும்போது, அவற்றை ஒரேயடியாக
நிலைகுலைய வைத்து விடுகின்றன, அவற்றை
பிளக்கின்றன. இதுவே அணுக்கரு பிளவை!

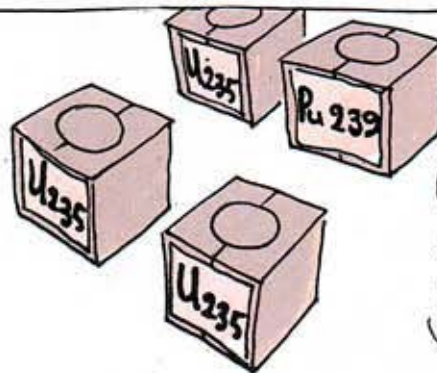
யுரேனியம் 235 மற்றும்
ப்ளூடோனியம் 239ன்
கதை இதுவே!

அணுக்கரு பிளவை

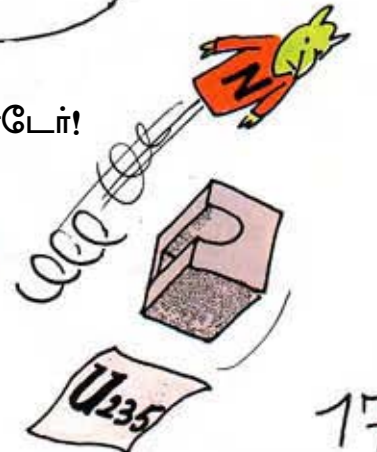
ஒரு நியூட்ரானும் வெவ்வேறு நிறையுள்ள இரு
அமைப்புகளும் சேர்ந்த ஒரு திரள் என்றே இந்த
அணுக்கருக்களைக் கருதலாம்.



யுரேனியம் 235 மற்றும் ப்ளூடோனியம் 239 அணுக்கருக்கள் ஒரு வகை
இயற்கை கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டவை, மிக நீள காலம்
கொண்டவை.

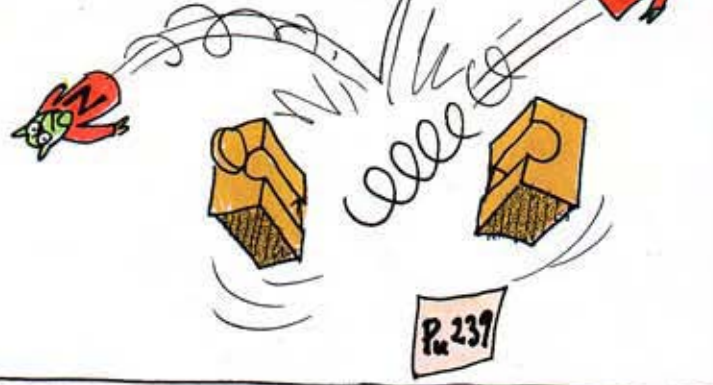
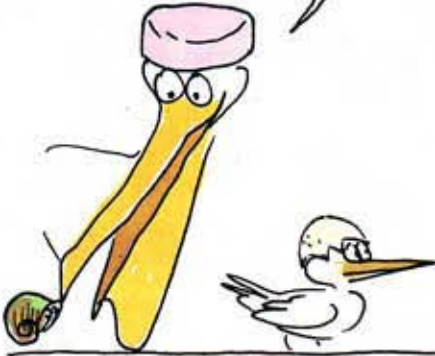


பொடேர்!



இதோ ஒரு அணுக்கருப் பிளவை. ப்ளுடோனியம் அணுக்கருவானது ஒரு ந்யூட்ரானை எதிர்கொள்ளும்போது, நிலைகுலைகிறது. இந்தச் செயல்பாட்டின் விளைவாய் இரு ந்யூட்ரான்கள் வெளித்தள்ளப்படுகின்றன

பொடே...ர்!!



இதனை மிக நுணுக்கமாய் ஆராயப் போகிறேன்.

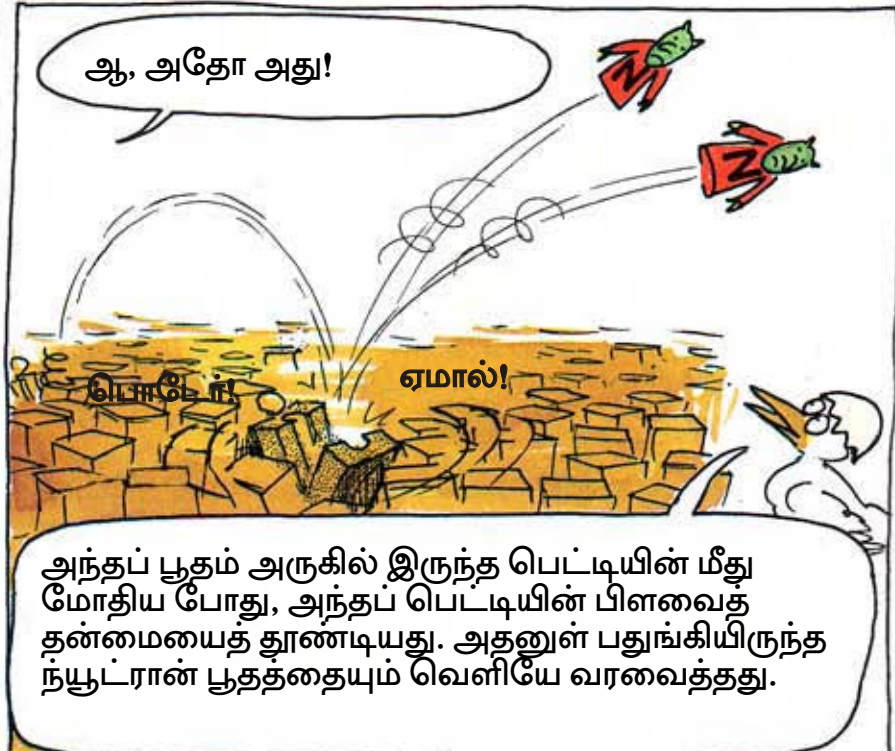
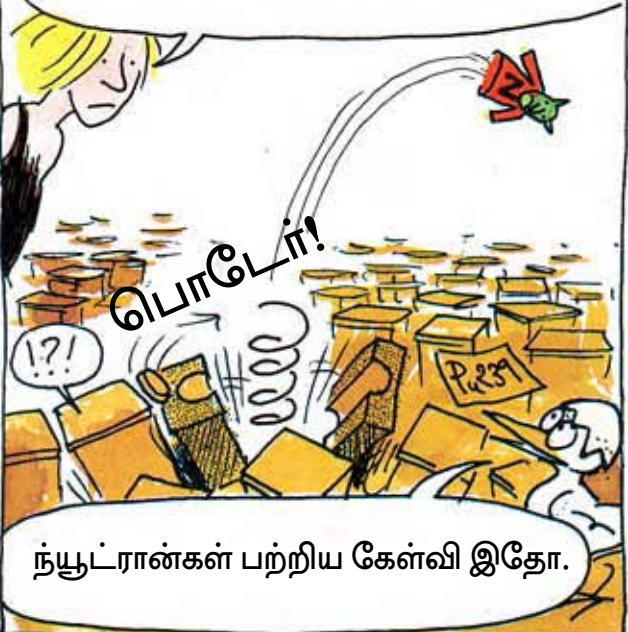
R விட்டம் உடைய ஒரு வட்டத்தின் உள்ளே ஏகப்பட்ட பூதப்பெட்டிகளை அடுக்கி வைத்தான் அகத்தியா.

யுரேனியம் 235 அல்லது ப்ளுடோனியம் 239



ஆற்றல் பூதங்கள் அதனதன் பெட்டியிலிருந்து வெளிவருகின்றன.

ஆ, அதோ அது!



ந்யூட்ரான்கள் பற்றிய கேள்வி இதோ.

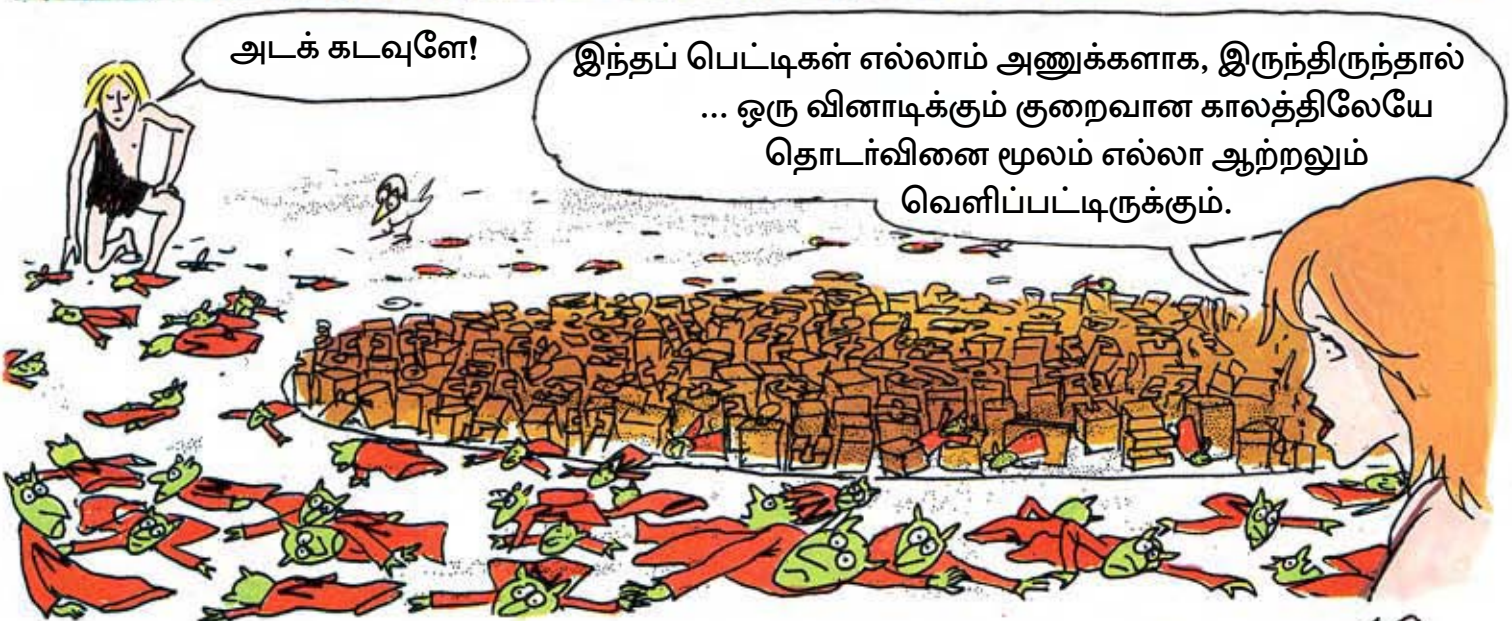
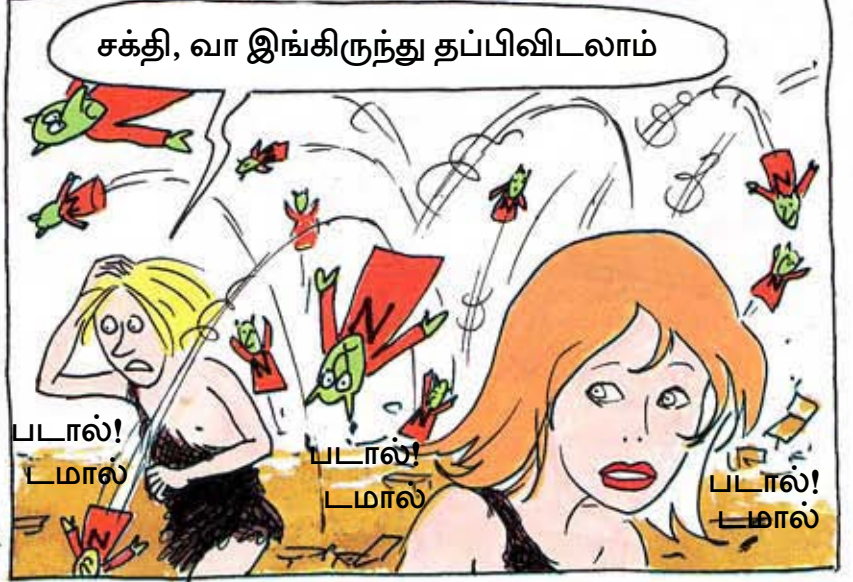
அந்தப் பூதம் அருகில் இருந்த பெட்டியின் மீது மோதிய போது, அந்தப் பெட்டியின் பிளவைத் தன்மையைத் தூண்டியது. அதனுள் பதுங்கியிருந்த ந்யூட்ரான் பூதத்தையும் வெளியே வரவைத்தது.

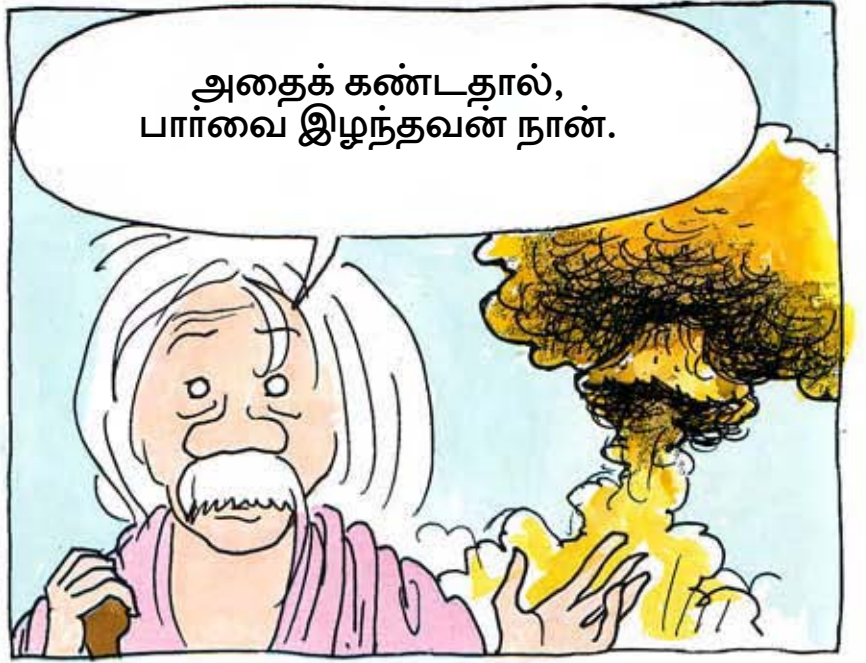
இந்தப் படம் செயல்பாட்டை விவரிக்கவே. உண்மையில் தாக்கும் ந்யூட்ரானை உள்வாங்கிக் கொள்கிறது அணுக்கரு. (U235 கரு U236ஆகவும், Pu239 கரு Pu240யாகவும் மாறுகின்றன). உள்வாங்கிய அணுக்கருக்கள் மிகமிக நிலையற்றவை; சட்டென்று உடனே பிளந்து விடுகின்றன

தொடர் வினைகள்



இந்த இரண்டு பூதங்களும் மேலும் இரண்டு பெட்டிகளைத் திறக்கின்றன.





மாறுநிலைப் பருமன்



எளிது. ஒரு பூதம் வெளிவரும்போது,
தன்பாட்டுக்கு ஏதோ ஒரு திசையில் சென்று
விழுகிறது. பெட்டிகளின் செறிவு குறைவாக
இருந்தால், திறப்பதற்கு பெட்டி கிடைக்காமல்
திணருமே பூதங்கள்!



மேலும் அடுக்கப்பட்ட பெட்டி அமைப்பின்
அடர்த்தி (★), குறிப்பிட்ட ஒரு அளவுக்கு மேல்
அதிகரிக்கக் கூடாது.

அதிகரித்தால், தொடர்வினை தொடங்கிவிடும்

வலுவற்ற இயற்கைக் கதிரியக்கத்துக்கும் வெளிப்பாட்டு அளவிற்கும் தொடர்வினைக்கும் இடைப்பட்ட ஒரு சராசரியைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதைப் பொருத்து, அடர்த்தி அளவை சீர் செய்து, ஒரு வினாடியில் வெளியிடப்படும் பூதங்களின் எண்ணிக்கையை கட்டுப்படுத்தலாம். அதாவது ஆற்றல் வெளிப்பாட்டைக் கட்டுப்படுத்த முடியும், கொஞ்சம் சவாலானதும் சிரமமானதும் என்றாலும்கூட!

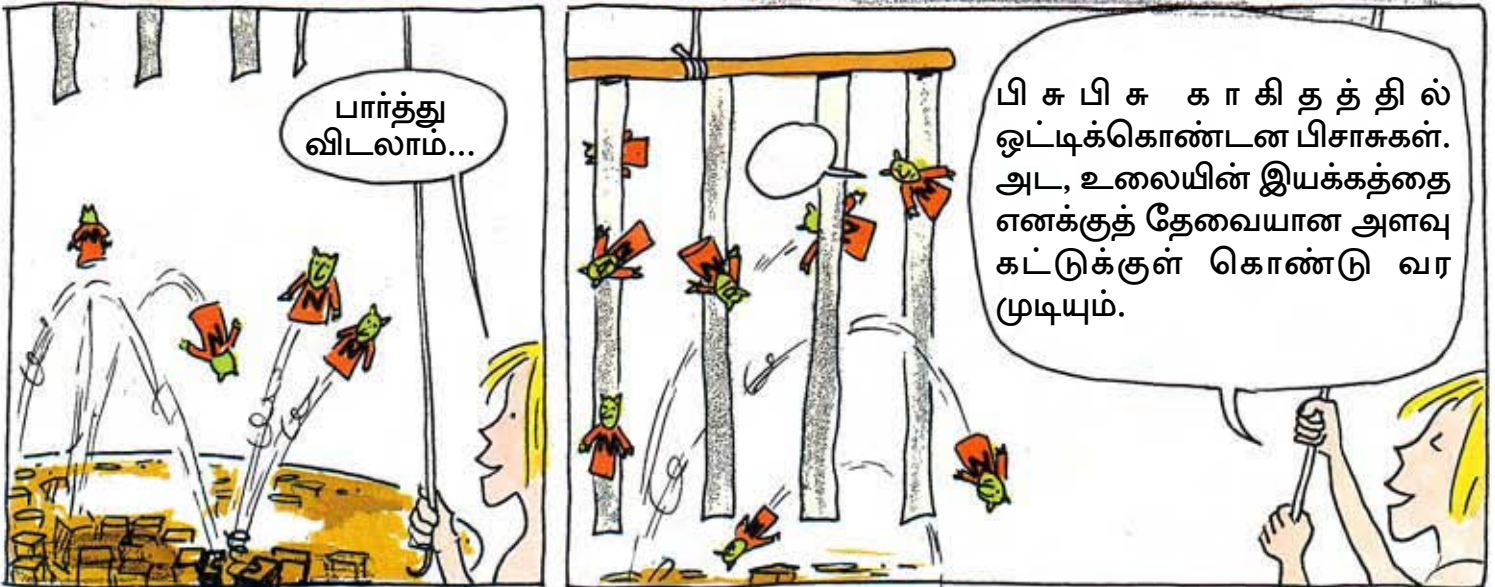


அனுக்கரு உலை

இந்த செயல்பாட்டைக் கட்டுப்படுத்த வேறு ஏதாவது சிறந்த வழி கிடையாதா?

பூதங்களை, அதாவது ஆற்றலை உட்கவரக் கூடிய எதையானும் நாம் இதனுள் செருகலாம்.

விட்டில் பூச்சியை பிடிக்கும் எண்ணெய்க் காகிதம் போல்



பார்த்து விடலாம்...

பி சு பி சு காகிதத்தில் ஒட்டிக்கொண்டன பிசாசுகள். அட, உலையின் இயக்கத்தை எனக்குத் தேவையான அளவு கட்டுக்குள் கொண்டு வர முடியும்.

பிசுபிசு திரையை மேலும்,
கீழும் இறக்குவதன் மூலம்
உலை தன் வேலையை
கிட்டத்தட்ட நிறுத்தி
விடமுடியும்.

நிறைய பூதங்கள் திரையால் தடுக்கப்படுகின்றன.
தொடர்வினை முறிந்தே போகும் அளவுக்கு

மிஞ்சுவதெல்லாம், சாதாரண
ஆற்றல் வெளியீடுதான்.
கதிரியக்கப் பொருளின் இயற்கை
ஆற்றல் மட்டுமே. அது மிக மிக
வலுவற்றது.

எனவே, ஒரு அணுக்கரு உலையை உருவாக்க, தேவையான அளவு U235 அல்லது Pu239
அணுக்கருக்களை நீ சேகரிக்க வேண்டும். அடுத்து உலையின் செயல்பாட்டை கட்டுப்படுத்தும்
பொருள் துணையோடு கட்டுக்குள் கொண்டு வர வேண்டும். அது நியூட்ரான்களை உட்கவர
வேண்டும்.

இயற்கை யுரேனியத்தில் 0.7% மட்டுமே U235 உள்ளது. இதுவே
பிளவுபடக் கூடியது. பிளவைக்கு உட்படாத U238தான் உள்ளது.

அப்புறம், நியூட்ரான்களை உட்கவ்வ
கேட்மியம் தண்டுகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

ஆமாம் Pu239தான் இயற்கையில்
கிடைக்கவில்லையே. நாம் ஏன் அதைப்பற்றி
யோசிக்க வேண்டும்.

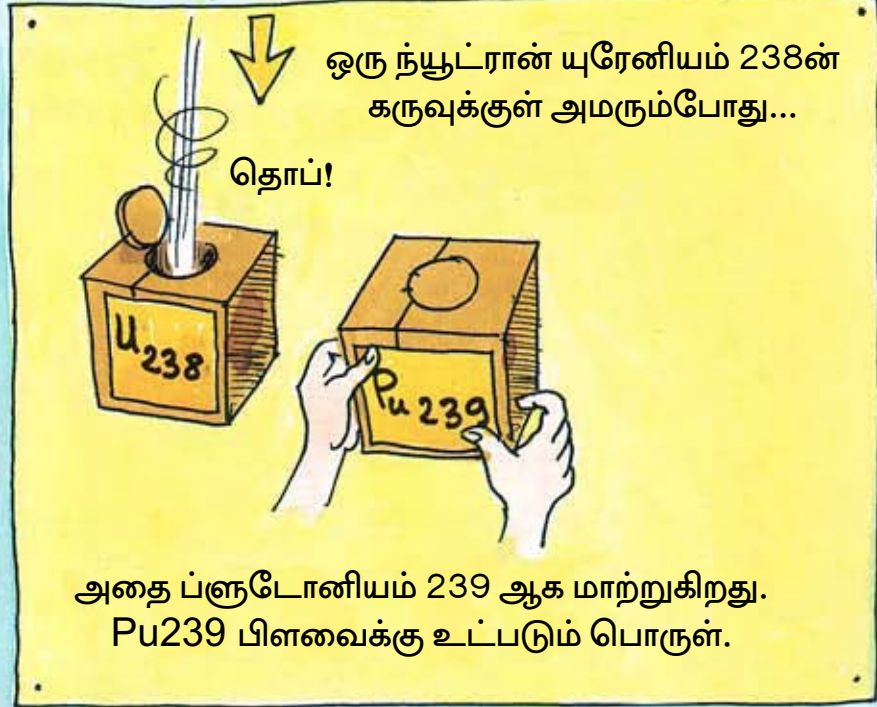
ம்... ஆமாம்... சரிதான்.

பிளவைக்கு உட்படாத பொருட்கள்



யுரேனியம் 238ஐ இரண்டு தனிமங்களின் திரளாகக் கொள்ளலாம்.
ஒரு நியூட்ரானுக்கு அங்கே இடமுள்ளது.

வேறு விதமாய் சொல்கிறேன். ஒரு
யுரேனிய உலை வேலை
செய்யும்போது, அதில் உள்ள
கலவை பிளவைக்கு உட்படும்
பொருளும், உட்படாத பொருளும்
சேர்ந்தது. உலையானது
பிளவைக்கு உட்படாத பொருளை,
உட்படு பொருளாக மாற்றுகிறது.
ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுதான் மாற்ற
முடியும்.



ஒரு நியூட்ரான் யுரேனியம் 238ன்
கருவுக்குள் அமரும்போது...

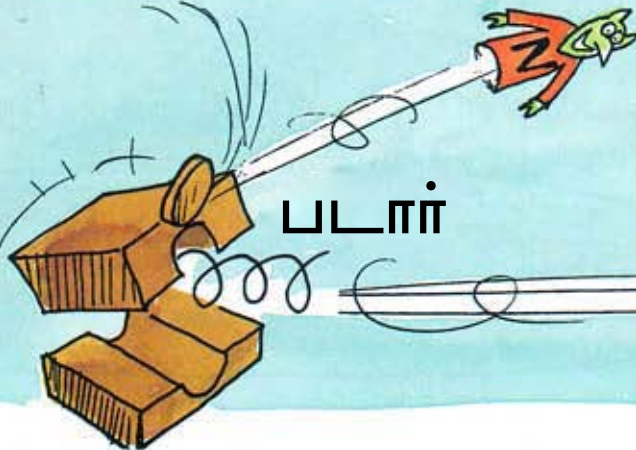
தொப்!

அதை ப்ளூடோனியம் 239 ஆக மாற்றுகிறது.
Pu239 பிளவைக்கு உட்படும் பொருள்.



‘குறிப்பிட்ட அளவா?’
எவ்வளவு அது?

உலையை எப்படி இயக்குகிறோம் என்பதைப் பொருத்து அது அமையும். முதலில், எல்லா
திசையிலும் 20000 கி.மீ/ விநாடி எனும் வேகத்தில் (பிளக்கும் நியூட்ரான்கள்) வெளிவரும்.



படார்

அடா!

23

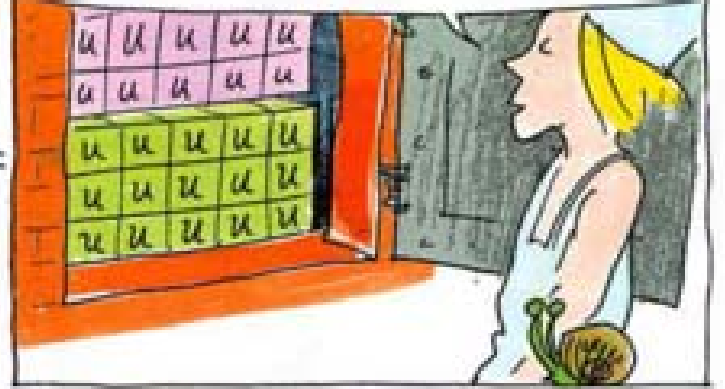
வேக ந்யூட்ரான் உலைகள்

பிளவைக்கு உட்படாத U238 டோடு இந்த அதிவேக ந்யூட்ரான்கள் உறவாடி Pu239ஐ விரைவாய் உற்பத்தி செய்கின்றன.

என்ன செய்கிறாய்?



பின்பு, பிளவைக்கு உட்படும் U238ஐ அதன் மேல் இடுகிறேன்.



வேக ந்யூட்ரான்கள் 20000 கி.மீ./ விநாடி எனும் வேகத்தில் உலையின் மையப்பகுதியில் உலவுகின்றன. அவை பதினாறாயிரம் மில்லியன் டிகிரி வெப்பத்தில் இருக்கும்.

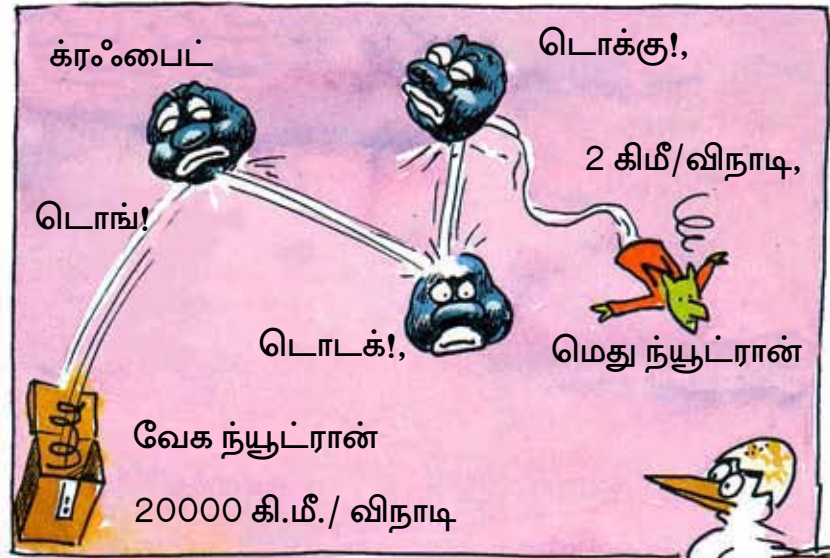
மூன்று வருடங்களுக்குப் பின்னர்...

அட! நீ பயன்படுத்திய U235ஐ விட அதிகமாக Pu239 பெற்றிருக்கிறாய் அகத்தியா!! இது நல்லதொரு உற்பத்தி உலை!!!

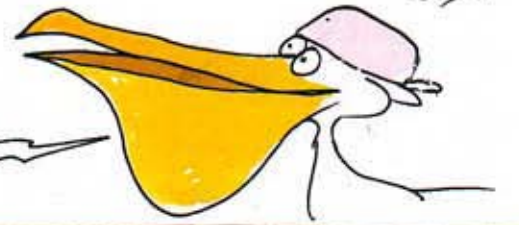
இயல்புதானே இது! யோசித்துப் பார்! ஒவ்வொரு பிளவையும் இரண்டு வேக ந்யூட்ரான்களைத் தருகிறது. இவை இரண்டும் தனித்தனியே இரண்டு U235 உடன் சேர்ந்து, இரண்டு Pu239ஐத் உருவாக்குகின்றன.

மெது ந்யூட்ரான் உலைகள்

கேட்மியம் கொண்டு நான் ந்யூட்ரான்களை உட்கவருவேன். இதன் மூலம் வினையை கட்டுப்படுத்த (முழுவதுமாய் நிறுத்தக் கூட) முடியும். ஆனால், க்ரஃபைட் மற்றும் கன நீர் துணையால் ந்யூட்ரான்களை உட்கவராமல், வெறுமனே மட்டுப்படுத்த முடியும். இதனால் இவற்றை தணிப்பான்கள் என்கிறோம்.



இந்த வழியில், ந்யூட்ரான்களின் வேகத்தை 2 கி.மீ. / விநாடி அளவிற்குக் குறைக்கலாம். இதனால் அவற்றின் வெப்பநிலை மிகவும் குறைகிறது. இத்தகைய குளிர்ந்த ந்யூட்ரான் தொகுதி அணு உலையின் வெப்பநிலையில் இருப்பதாகவே நாம் கொள்ளலாம்.



சிறிதளவே Pu239 இதன் மூலம் உற்பத்தியாகிறது. இதன் மூலம் அதிவேக ந்யூட்ரான்கள் உலைகள் மூலம் கிடைப்பதைவிட ரொம்ப... குறைச்சல்.

இரண்டு உலைகளுக்கும் இடையே மிகத் தெள்ளிய பிரிவு ஒன்றும் கிடையாது. இவை இரண்டுக்கும் இடையில், 'மித வெப்ப' உலைகள் என்ற மூன்றாவது வகையும் உண்டு.



கதிரியக்கக் கழிவுகளால் தூண்டப்படும் கதிரியக்கம்

U235 மற்றும் Pu239 அணுக்கருக்கள் (பலவகைகளில்) இரு துண்டங்களாக பிளக்கின்றன. இதோ ஒரு எடுத்துக்காட்டு! ஸ்ட்ரான்ஷியம் 94 (கதிரியக்கத் தன்மை உடையது) மற்றும் ஸெனான் 140. $94 + 14 + 1 = 235$ என்று பிளக்கும் U235.

இவை எல்லாம் வம்புதான். அணுப்பிளவையால் உருவாகும் விளைபொருட்கள் பலவும் மிக நீண்ட ஆயுட்காலம் பெற்றவை. அவை பன்னெடுங்காலம் கதிரியக்கத் தன்மை கொண்டே இருக்கும். ஸ்ட்ரான்ஷியம் எலும்பில் ஒட்டிக்கொள்ளும் தன்மை உடையது. ஐயோடின் தைராடில் ஐக்கியமாகும் வரம் பெற்றது. ப்ரூடோனியமோ அதிபயங்கரமானது - இரத்தப் புற்று, பிற புற்று நோய்களை விளைவிக்கக் கூடியது.

உலையின் கட்டமைப்பில் உள்ள பிற சாந்தமான அணுக்களும் கூட இந்தப் பிளக்கும் நயூட்ரான்களை உள்வாங்கிக் கொள்ளக்கூடும். இதன் மூலம் இந்த அணுக்களும் நிலையான தன்மை பறிபோய் கதிரியக்கப் பண்பு பெறக்கூடும். ஆபத்தான அணுக்களாய் மாறிவிடும் அபாயம் இதனால் அதிகமாகிறது.

கதிரியக்கத் தனிமங்களை அளக்கும் வழிகள்



அட்டா! ஒரு உலை வெவ்வேறு
ஆயுட்காலம் கொண்ட, நிலையற்ற பல
கதிரியக்கக் கழிவுகளை உண்டு
பண்ணுகிறது எனலாம்.

இல்லையிலை, ஹீலியம் அணுக்கள்
எலக்ட்ரான்கள் அல்லது எதிர்-எலக்ட்ரான்கள்
ஆகியவற்றை இந்தக் கருக்கள் வெளியிட்டு,
தங்கள் நிறையை குறைத்துக் கொள்ளும்
சாத்தியம் தான் அதிகம்.

அப்படியென்றால், இந்தக்
கருக்களும் தத்தம் போக்கில்
பிளந்து கொள்ளும் என்கிறாயா?

அங்கே பார்! அகத்தியா அந்தக்
கழிவுகளை வண்டியில்
ஏற்றிப் போகிறான்.

பொடார்!

குறிப்பிட்ட தனிமங்களை உலைக்குள் செருகி, ந்யூட்ரான்களின் தாக்குதல்களுக்கு
உட்படுத்தி, அவற்றை கதிரியக்கத் தனிமங்களாக மாற்ற முடியும். இதுவே செயற்கை
அல்லது தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம்.

தனியே, தன்னந்தனியே,
நான் (தனிமங்களோடு)
காத்து காத்து நின்றேன்

1930களில் ஃப்ரெட்ரிக், ஐரீன் ஜூலியட் க்யூரி, ஆகியோர் செயற்கை கதிரியக்கத் தனிமங்களைக் கண்டுபிடித்தார்கள். பின்னர் சில ஆண்டுகள் கழித்து அணுப்பிளவைக்கு இது வழிகோலியது.

அங்கே பார், அகத்தியாவே தெரியல, ஆனால் அவனோட கழிவு கூளத்துலேந்து, பூதங்கள் வந்துகிட்டே இருக்கு. பூதங்கள் எங்கிருந்து வருதோ, அங்கதான் அகத்தியாவும் இருக்கணும்!!

பொடேர்!

இண்டியம் 113 :

ஆயுட்காலம் 4 நாட்கள்

ஒரு உத்தி! செயற்கைக் கதிரியக்கத்தால் வெளிவரும் துகள்களைத் தொடர்வதன் மூலம், அணுக்கருக்களின் பாதையை பின்தொடர முடியும்.

உயிரியல் மூலக்கூறுகளுக்குள் கதிரியக்க ஐஸோடோப் கருக்களை உட்செலுத்தி (குறியிடல்), உயிர் திசுக்களின் இடப்பெயர்ச்சியை கண்காணித்துத் தொடர முடியும்.

பொடேர்!

அடக்கடவுளே! ஆபத்தான முறையில் இங் யாரோ நிலைப்பாடற்று கிடக்கிறார்கள்!!

செயற்கை கதிரியக்கம் மூலம் பற்பல அமைதிவழிப் பயன்பாடுகளைப் பெறலாம். எடுத்துக்காட்டாக, கதிரியக்க பாஸ்பரஸ் ஐஸோடோப்பை, பாஸ்பேட் உரத்தில் கலந்துவிட்டால் வயலில் இட்ட உரத்தின் போக்கை பின்தொடர முடியும்.

அணு-குண்டுகள்

வெடிமருந்து விஞ்ஞானம் அணுக்கரு இயற்பியல் மூலம் பலமடங்கு வளர்ந்துவிட்டது. பிளவுறக்கூடிய (U235 மற்றும் U239) இரண்டு பிண்டங்களை சட்டென ஒருங்கே கொண்டு வந்து, மாறுநிலை நிலையை உருவாக்கி வெடிக்கும்போது, மிகத் தீவிரமான தொடர்வினை ஒன்றைத் தூண்டுகிறோம்.

இதோ!
இந்த இரண்டு சிறிய
பிண்டங்களையும் நான் ஒன்று
கூட்டுவதன் மூலம் மாறுநிலை
நிறையைப் பெறமுடிகிறது.

பலவகையான எண்ணிலடங்கா பூதப் பிசாசுகள் இதனால் வெளிவரும். கதிரியக்கக் கழிவுகள் வளிமண்டலத்தின் மேற்பரப்பு வரை எழும்பும். மிக அதிக வெப்பம் வெளிப்படும்.

வெடிபொருள் வல்லுனனாய் மாற உனக்குத் தேவை கொஞ்சம் பிளவுறு பொருட்கள், U235 அல்லது Pu239. 100% சுத்தமாய் இருந்தால் தேவல. இரண்டு வகையில் இதைச் செய்யலாம் - இயற்கையுரேனியத்தை சுத்திகரிப்பது அல்லது அருகாமையில் உள்ள உலையிலிருந்து அதன் ஒவ்வொரு சுழற்சிக்குப் பின்னும் Pu239ஐ சேகாரம் செய்வது.

வருது, வருது,
அட வருது வருது!

அனுக்கரு இனைவு



அப்போ எக்கச்சக்க வெப்பம் உடைய சூரியனுக்குள்ள ஏகப்பட்ட யுரேனியம் இருக்கணும், இல்லையா?

அப்படி இல்லை அகத்தியா. ஹைட்ரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் மூலக்கூறுகளை ஒரு குடுவைக்குள் எடுத்துக்கொண்டு, அது வினைபுரிகிறதா என்று பார்.

ம்ஹும்! ஒண்ணும் நடக்கல!

அதற்கான காரணம், வினைபுரியத் தேவையான அதிக வெப்பம் கிடைக்கவில்லை

கொஞ்சம் சூடு பண்ணலாம்

பொடேர்!

என்ன ஆச்சு?

H_2O , நீர்

அப்படினா, நச்சுப் பொருட்களை உருவாக்காமலே கூட அதிக ஆற்றலை வெளியிடும் பற்பல வினைகள் உண்டு.

ஹைட்ரஜன்-ஆக்ஸிஜன் கலவையை (பாய்ம் நிலையில்) பயன்படுத்திப் பறக்கும் வானூர்திகளை பயன்படுத்தினால் அவை மேகத் தடத்தை மட்டுமே விட்டுச் சென்றிருக்கும்.

அணுக்கரு கலவையை
எரிக்க முடியுமா?

அவற்றின் வெப்பநிலையை
தேவையான அளவு அதிகரித்தால்,
முடியும்.

ட்யூட்ரியம் ட்ரிடியம்

ஹீலியம்



ஹைட்ரஜன் கரு லேசானது, அதில் ஒரே ஒரு ப்ரோட்டான் மட்டுமே உள்ளது. ட்யூட்ரியம் மற்றும் ட்ரிடியம் இரண்டும் ஹைட்ரஜனின் இரு வகை ஐசோடோப்புகள். கருவில் உள்ள நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையால் இவை வேறுபடுகின்றன. இவை இரண்டும் சேர்ந்து ஹீலியத்தை தருகிறது.

பூத பிசாசுகளின் கும்மாளம்

ட்யூட்ரியம் மற்றும் ட்ரிடியம் ஜோடிகள் இதோ. கன ஹைட்ரஜன் வாயுத் தனிமங்களின் கருக்கள் இவற்றால் ஆனவை. சாதாரண வெப்பநிலையில் எலக்ட்ரான்கள் இந்த ஜோடிகளை சுற்றிவந்து அவற்றின் இணைப்புக்கு வழி செய்யும். எனவே இந்த ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் இரு அணுக்களால் ஆனவை.



ட்யூட்ரியம் மூலக்கூறு



ட்ரிடியம் மூலக்கூறு

இவற்றின் களியாட்டம் பேயாட்டமாக
மாறும்போது, ஒவ்வொரு ஜோடியும் பிரிந்து
விடும். மூலக்கூறு உடைந்துவிடும். தேனீக்கள்
போல் வட்டமிடும் எலக்ட்ரான்கள் இப்போது
தனித்தனி கருவை சுற்றிவரும்.

மூவாயிரம் டிகிரி வெப்பத்தில்..

நம்மால் முடியாதுடா சாமி, இந்த கருக்களைச்
சுற்றிச்சுற்றி வர, ஒரேயடியாய் குதிக்கிறார்கள்.

ஆமாமாம். நான் ஓடிப்போறேன். ஆள விடுங்க.

வெப்பவாயு கொஞ்சத்தில் கருக்களும் கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களும் மிதக்கும்
கூழ் போல் மாறுகிறது. ஒரு கொதிக்கும் கருக்குழம்பு.

குதி குதி, நல்லா குதி

நாம நால்வரா இருந்தா
நல்லா இருக்கும்னு தோணுது.

150 மில்லியன் டிகிரியில்
(எரி வெப்பநிலை)
ஏதோ ஒன்று நிகழ்கிறது.

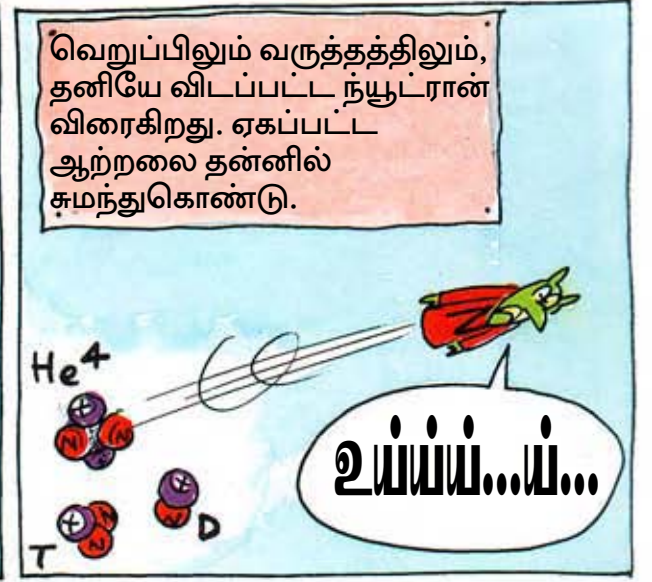
குதியாட்டம்

அப்படியா, சரி.

ஏதோ சதித்திட்டம்னு
தோணுது.

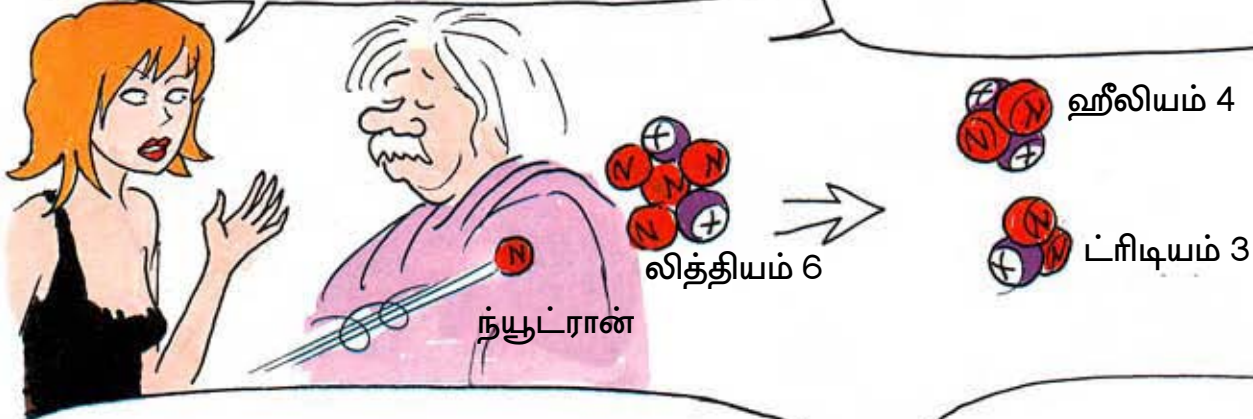
சரிதான். இந்த வெப்பத்துல
நிலைப்பாடு கிடைக்க
அதுதான் வழி.

ஏய், இருங்க $2+3=5$,
ஆனா ஹீலியத்துக்கு
4 நியூக்லியான் போதுமே,
என்னை ஏன் நீங்க
சேத்துக்கல?



இதன்படி, இணைவும் பிளவையையும் போன்றே மாசுபடுத்துகிறதே! ஆற்றல்மிக்க இந்த இணைவு ந்யூட்ரான்கள், அருகிலுள்ள அணுக்களை கதிரியக்க அணுக்களாக மாற்றும் அபாயம் உள்ளதே.

எனவே லித்தியம்6 உதவியால் இந்த ந்யூட்ரான்களை உட்கவர முனையும்போது, ஹீலியம்4 மற்றும் ட்ரிடியம்3 கிடைக்கிறது.

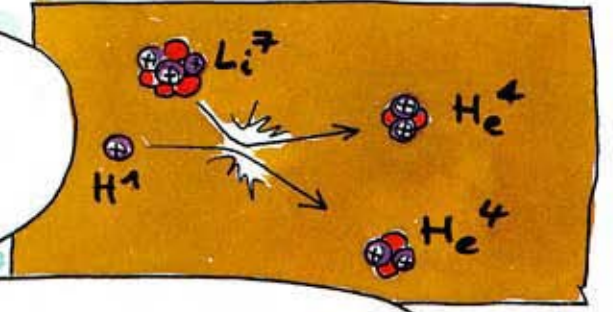


Li6 'ஈணு' பொருளாய் செயல்படுகிறது - பிளவுறு (எரிபொருள்) ட்ரிடியம் 3 அணுக்கருக்களை ஈணுவதால் எனக் கொள்ளலாம்.

ஆமாம், ஒரு இணைவு உலையானது மிகப்பெரும் ஆற்றலை உருவாக்குகிறது. ட்ரிடியம் 3ன் அரை ஆயுட்காலம் 12 வருடங்கள் மட்டுமே. எனவே இயற்கையில் இதனைப் பெறுதல் கடினம்.



என்றாலும், நான் பலவித இணைவு வினைகள் இருப்பதைப் பார்க்கிறேன். நியூட்ரான்களை வெளியிடாத பல உள்ளன.



லித்தியம் 7 + ஹைட்ரஜன் 1 (லேசு) தருவது

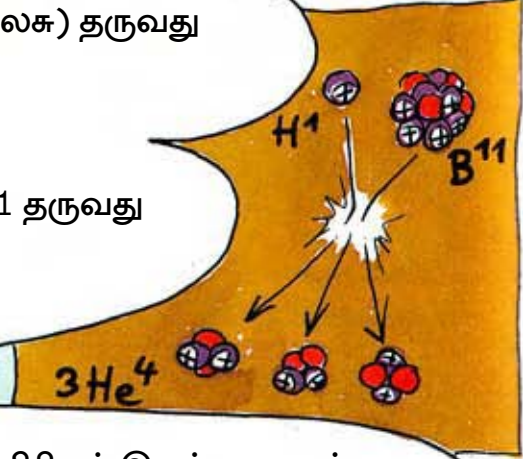
2 ஹீலியம் 4

$$7+1 = 2 \times 4$$

போரான் 11 + ஹைட்ரஜன் 1 தருவது

3 ஹீலியம் 4

$$11 + 1 = 3 \times 4$$



முதல் வினைக்கு 500 மில்லியன் டிகிரியும் இரண்டாவதற்கு கிட்டத்தட்ட ஆயிரம் மில்லியன் டிகிரி வெப்பமும் எரியூட்டத் தேவை!

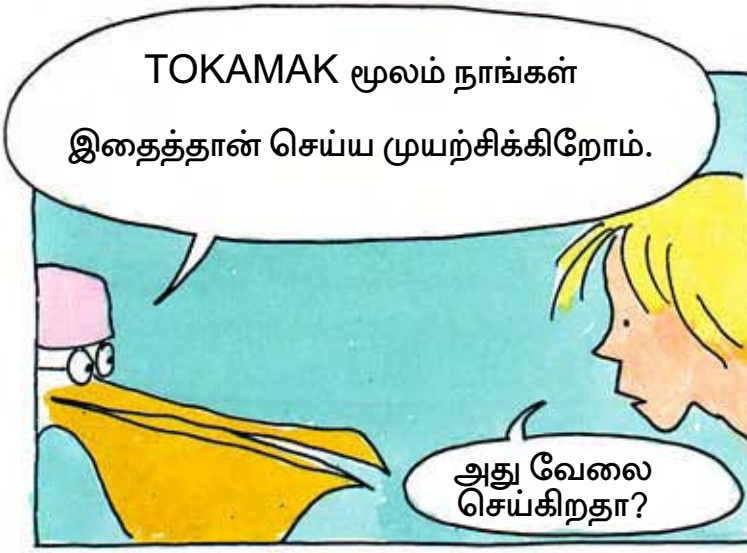
ம்ம்... புரிகிறது. ஆனால் கருக்களை நாம் எப்படி சேர்ப்பது?

சூரியனின் மையப் பகுதியில் 15 மில்லியன் டிகிரி வெப்பமே உள்ளது. அங்கே மெதுமெதுவாய் கரு இணைவு நிகழ்கிறது.

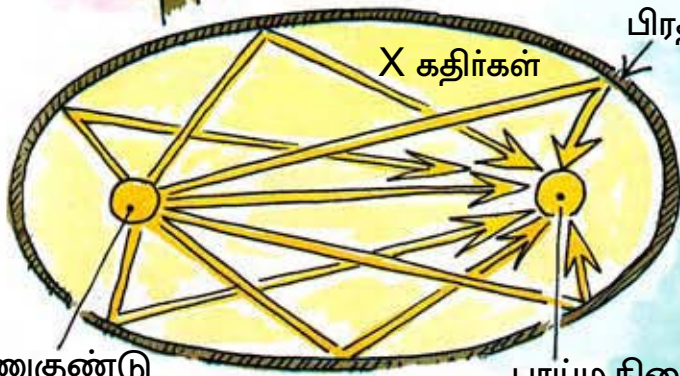
அட, சூரியனை கடைசியில் வெந்தழலுக்கு சமமாக்கி விட்டாயே!

சரிதான் ஒரு நொடி நேரத்தில் வினைகள் ஏற்படுத்தக்கூடிய அணுக்கருத் 'தீ' வேண்டுமானால் 150 மில்லியன் டிகிரி வேண்டும்.





ம்ம்... புதிதாய் அணுகுண்டைத் தயாரிக்கும்போது, எட்வார்ட் டெல்லர், இணைவை சாதித்தார். எங்களுக்கு அதில் உடன்பாடு இல்லை என்றாலும், வேறுவழி இல்லை. அவருக்கு ஒரு யோசனை இருந்தது (★). எப்போதுமே நல்ல நல்ல யோசனைகள் உண்டு அவரிடம். ஒரு அணுகுண்டு வெடிக்கும்போது, முதல் விநாடியின் பத்து லட்சத்தில் ஒரு சில பங்கில் X-கதிர்களை மிக அதிக அளவில் உமிழும். பிரதிபலிப்பான்கள் போன்ற அமைப்புகளின் துணையோடு, ட்யூட்ரியம்-ட்ரிடியம் கலவையால் செய்யப்பட்ட இலக்கின்மேல், இந்த X கதிர்களைக் குவிக்கவேண்டும் என மொழிந்தார் டெல்லர்.



பாய்ம் நிலையில் சேர்க்கைக் கலவை.

ரொம்ப அதிகம் செய்து தொலைத்தது

(★)பேரீரின்போது, லாஸ் அலமாஸின் ஆராய்ச்சியாளரான எட்வார்ட் டெல்லர், 'How I stopped worrying and learned to love the bomb' எனும் திரைப்படத்தில் வரும் டாக்டர். ஸ்ட்ரேஞ்லவ் எனும் பாத்திரத்துக்கான மாதிரியும்கூட.

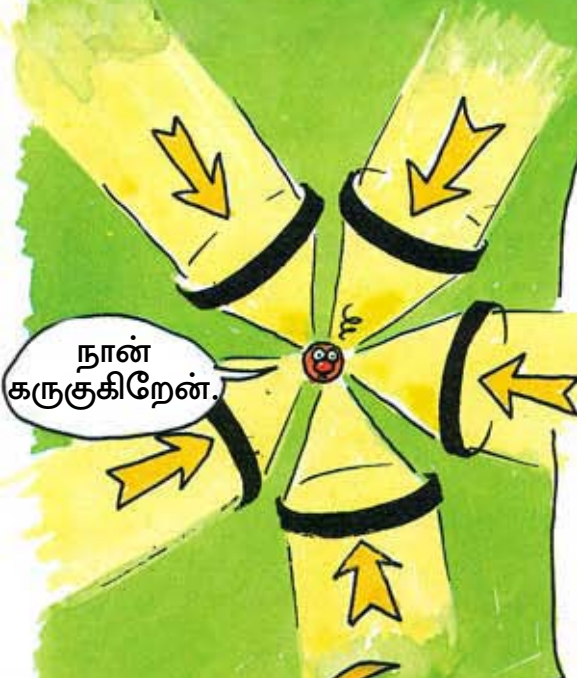
U238 ஐ வைத்து ஒரு பிரதிபலிப்பான்
கூட வடிவமைத்தார் டெல்லர்.

அது ஏன் U238?

அட, யோசி! ஹைட்ரஜன் குண்டு வெடிக்கும்.
நியூட்ரான்கள் வேகவேகமாய் வெளிவந்து
ஈணுபொருள் U238 ஐ தாக்கும். அதை பிளவுறு
பொருளான Pu239 ஆக மாற்றி, உடனே அதை
பிளக்கச் செய்யும்.

அடஅடஅட! என்ன ஒரு பிளவை -
இணைவு - பிளவை குண்டு

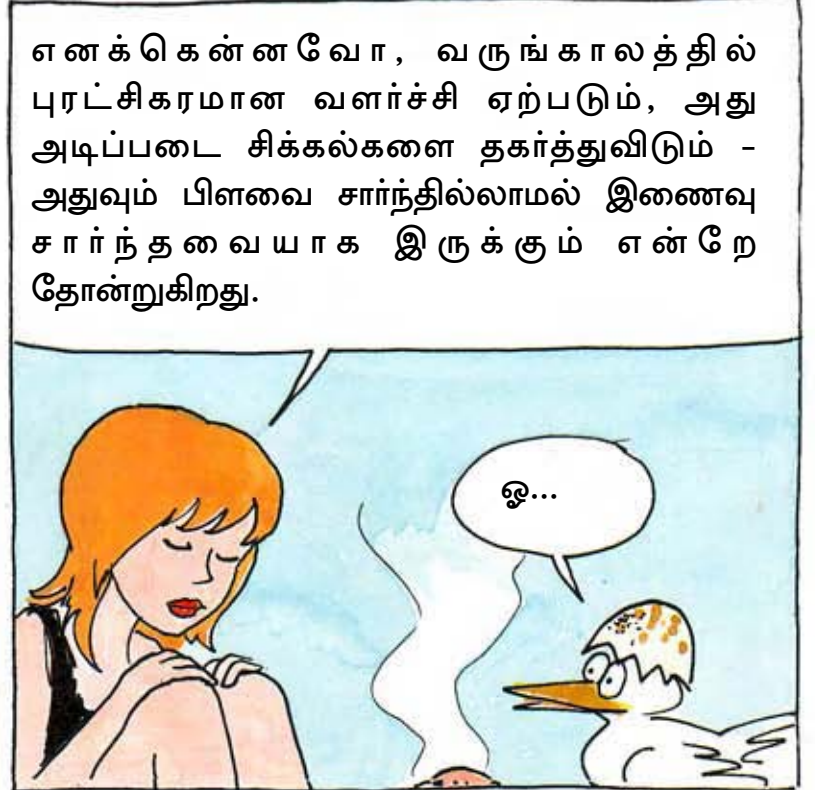
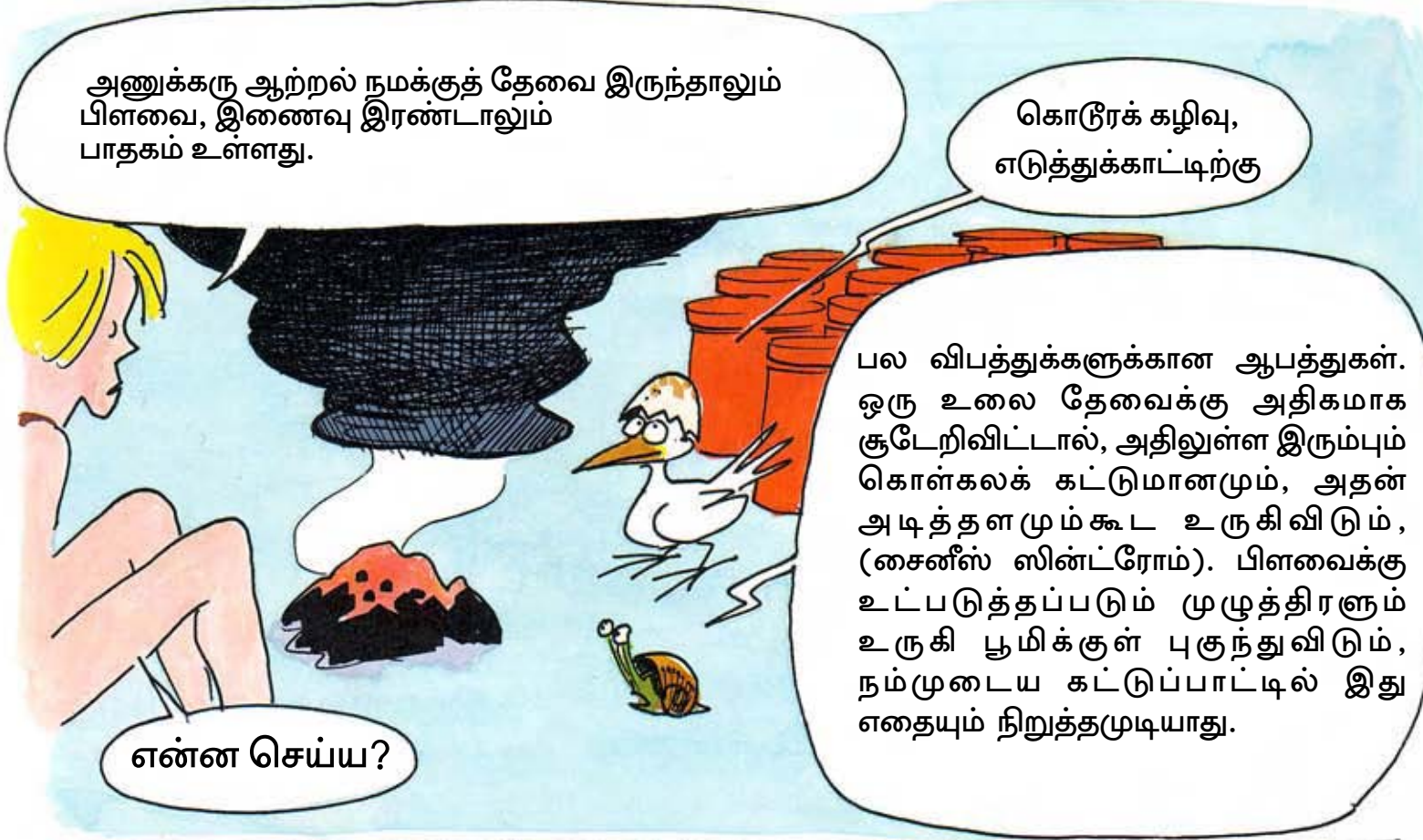
தீசை ஆற்றுப்படுத்தப்பட்ட ஆற்றல் மூலம் சேர்க்கை.



(பாய்ம் நிலையில் இருந்த) டியூட்ரியம்-ட்ரிடியம் கலவை
கொண்டு அணுக்கரு இணைவு முயற்சி செய்யப்பட்டது.
பலவிதகதிர்கள், வலுவான லேசர்கள், எலக்ட்ரான்கள், கருக்கள்
என முடுக்கிகள் வெளியிடும் பல்வேறு துகள்கள் பலவித
ஆற்றல்களோடு கலவைமேல் பாய்ந்தன. தேவைப்பட்ட
சக்தியோ அபாரமானது. இந்த வெப்ப அணுக்கரு வினையை
பற்றவைக்க, தேவையான ஆற்றல் எவ்வளவு தெரியுமா?
ஃப்ரான்ஸ் நாடு அளவிலான ஒரு சூரிய பிரதிபலிப்பான் ஒரு
மி.மீ. கோளத்தின் மேல் குவிக்கும் அளவானது. அதுவும் ஒரு
விநாடியின் மில்லியனில் ஒருசில ஆயிரம் பகுதிகள் மட்டுமே!

இந்தக் கணநேர ஆற்றல் அளப்பறியது. ஒப்பீட்டில் உலகின்
மொத்த ஆற்றலே இதன்முன் சிறியதுதான்.
எவ்வளவு தெரியுமா?

முடிவுரை

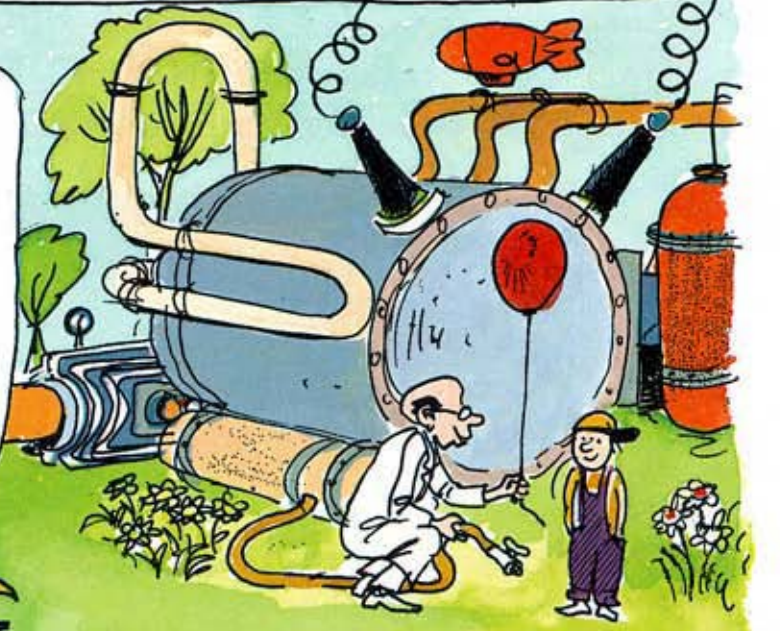


அணு ஆராய்ச்சியாளர்களின் கற்பனைப்படி, அணுக்கரு உலை ஒன்று உருகி உலகின் ஒருபுறம் புகுந்து, சீனா வழியாய் மறுபுறம் வெளிவந்து வழிந்தோடுவது.

கோட்பாட்டளவில், இணைவு வினைகளில், கட்டற்ற நியூட்ரான்களின் தலையீடு இல்லாத பட்சத்தில், இணைவு கருக்குழம்பை எல்லைக்குள் அடைத்துவிட முடியும். அதற்கு சக்திவாய்ந்த காந்தப்புலன் கருவிகள் தேவை. (பெரும் காந்தப் புலங்களின் விளைவாக மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்கள் விலகி ஓடிவிடும்.)

அழகிய பொற்காலம்!

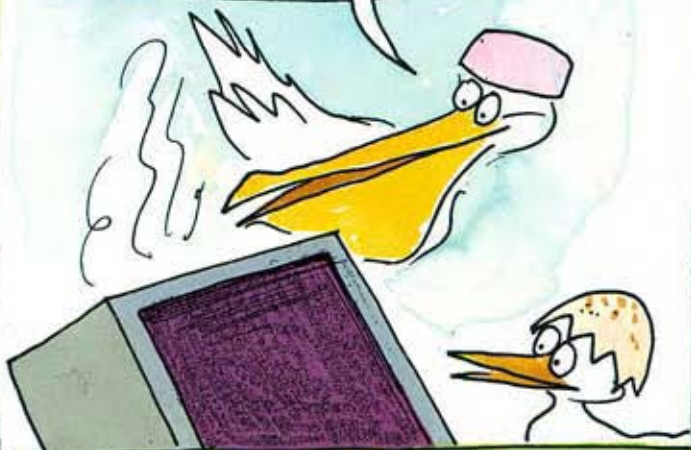
அணுக்கரு நிலையம் அதோ! மாசுபடுத்தாத லித்தியம் - ஹைட்ரஜன் அல்லது போரான் - ஹைட்ரஜன் எரிபொருள். வினையின் விளைபொருள் ஹீலியம் மட்டுமே, அதையும் பாலுன்களை ஊதிப்பெருக்க பயன்படுத்தலாம்.



இந்தக் கனவை கேட்கும்போதே சிரிப்பு வருகிறது.

அகத்தில் வெப்ப ஆற்றல் சமைக்கப்படுகிறது. அட, சாரளங்கள் மூடியிருக்கின்றன. புகைபோக்கியும் காணோம். மாயமோ?

உண்மைதான் நீராவியும், கரியமிலவாயுவும் உருவாகின்றன. அதிகம் சுவாசிக்கக் கூடாது அதை.



இதை குறைந்த வெப்பநிலையில் செய்து முடிக்க வினைஊக்கி ஏதேனும் இருக்குமா?



ஏற்கனவே ஒன்றை அறிவோம். கார்பன்.

சூரியனின் மையத்தில் உள்ள கொதிகலனின் வெப்பநிலை 15 மில்லியன் டிகிரிதான் எனும் போது, அதுமட்டும் எப்படி இணைவுமூலம் வேலை செய்கிறது- எரியூட்டத் தேவையான 150 மில்லியன் டிகிரியைவிட பத்து மடங்கு குறைச்சல்.

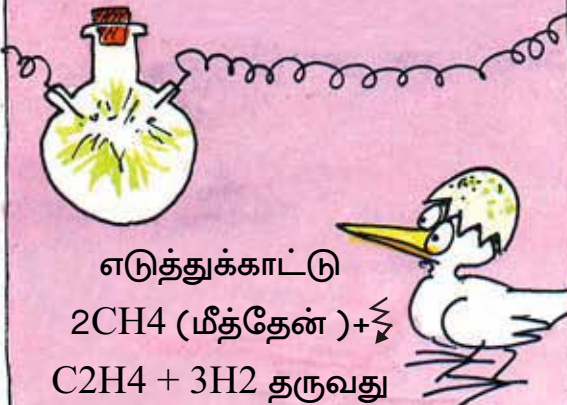
கார்பன் வினைஊக்கியாகச் செயல்படுகிறது. தேவையான போதெல்லாம் நடு நடுவே அது தலையை நுழைத்து, சிக்கலானதுதான், இருந்தாலும் கடைசியில் மீள் உருவாக்கம் அடைகிறது.

முதலில் ஹைட்ரஜன் 1ம் கார்பன் 12ம் சேர்ந்து நைட்ரஜன் 13ஐத் தருகின்றன. இது கடைசியில் நைட்ரஜன் 15 ஆக உருப்பெற்றுகிறது. நைட்ரஜன் 15 + ஹைட்ரஜன் 1 = கார்பன் 12 + ஹீலியம் 4 (பெத்தே சுற்று).

இது ரொம்ப ரொம்ப நிதானமானது. சூரியனுக்கு வேற ஜோலி ஒன்றும் கிடையாது. அதுக்கு பரவாயில்லை.

ம்யூஆன்கள்

குளிர்ந்த வாயுக் கலவையில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் மேல் மின்னணுக்களை மின்னிறக்கம் மூலம் மோத வைப்பதால் சிக்கலான வேதியியல் வினைகளை உருவாக்க முடியும்



பெரிய எலக்ட்ரான்களை ஒத்திருப்பதும், பல கருக்களை ஒருங்கே சேர்ப்பதுமான துகள்கள் ம்யூஆன்கள். மூலக்கூறுகளில் எலக்ட்ரான்களுக்கு பதில் ம்யூஆன்களை பொறுத்தலாம்.

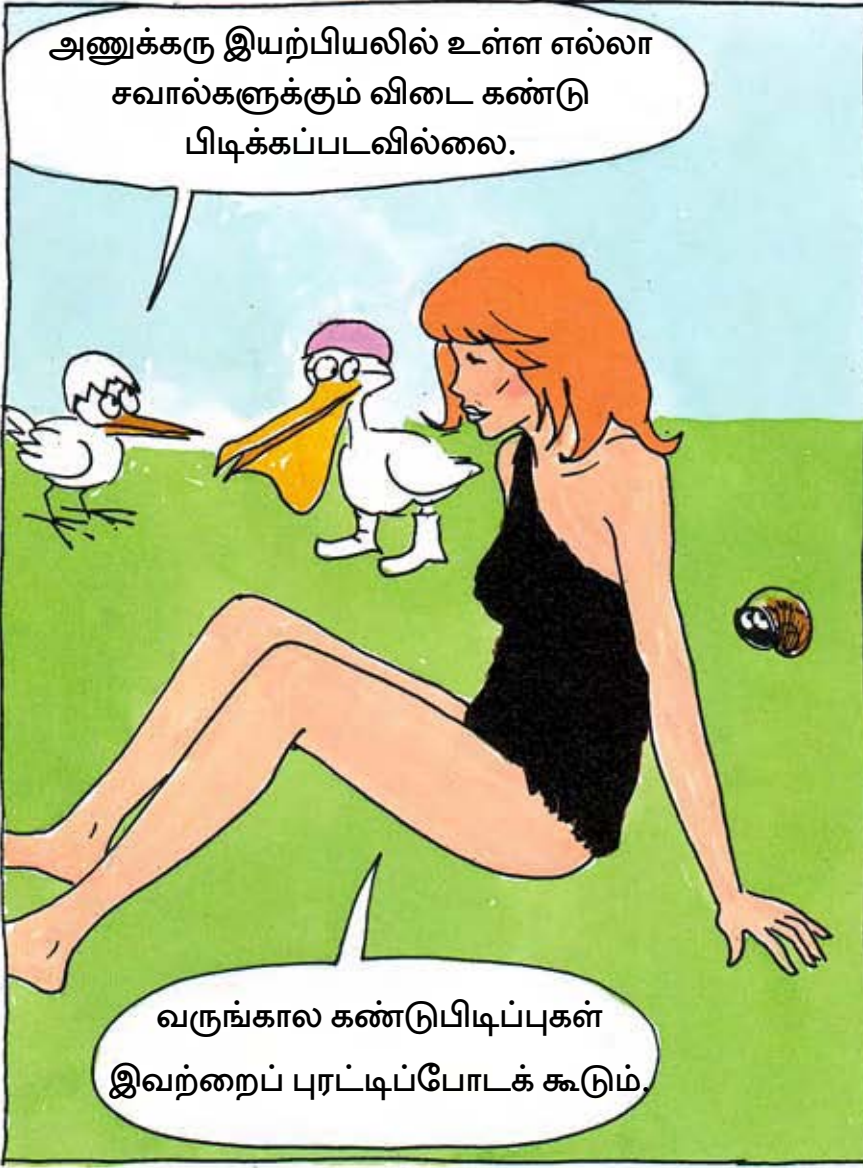
வெதுவெதுப்பான கலவையை ம்யூஆன்கள் கொண்டு, ஏன் தாக்ககூடாது?

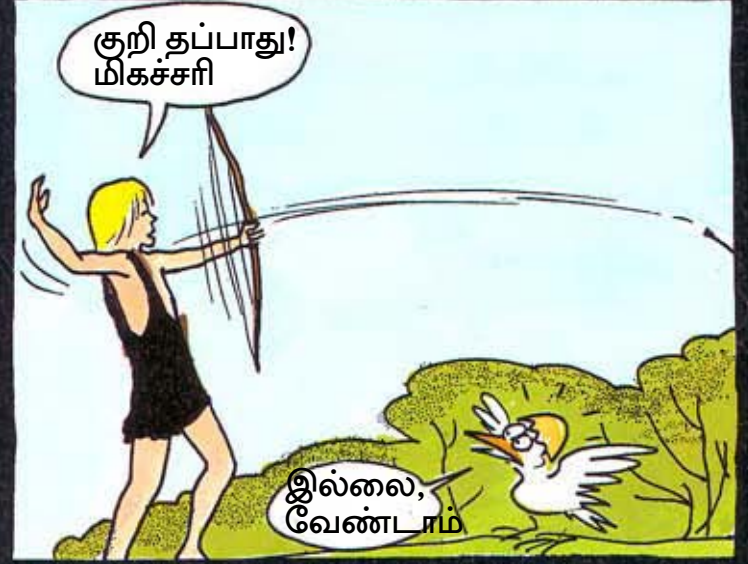
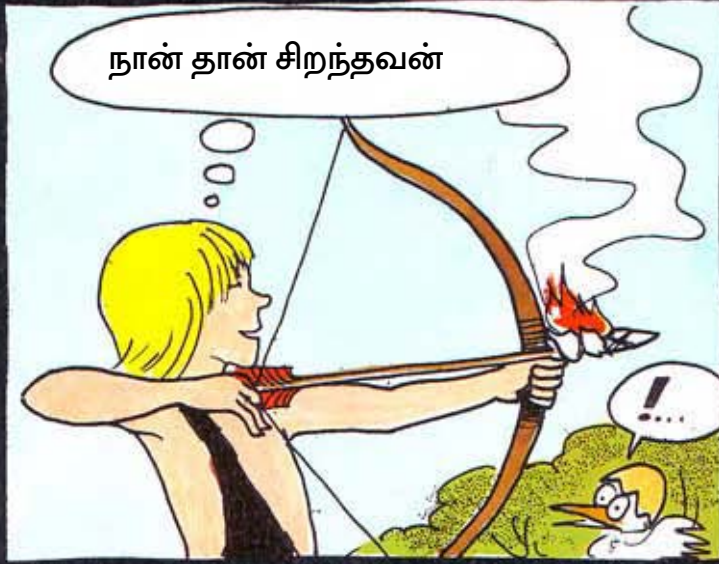
அது வேலை
செய்கிறதா?

சிக்கல் ஏதுமில்லை. முடுக்கியில் ம்யூஆன்களை உருவாக்க
நமக்குத் தெரியும். ட்யூட்ரியம் ட்ரிடியம் கலவையை அவை
மோதும்போது, ஹீலியம் உருவாகும். அங்கே இணைவு
நடக்கிறது. ஆய்வுக்கூடத்தில் நாம் சில துகள்களைக்
கொண்டு செய்யும் இந்த நுண் இயற்பியல் சோதனைக்கும்,
தொழிற்கூடத்தில் செய்யப்படும் மிகப் பெரிய அளவு
செயல்பாட்டிற்கும் மிகப்பெரும் தொலைவு உள்ளது. நாம்
கடக்க வேண்டிய தூரம் அதிகம்.

கருக்களின் சுழற்சியோடு கொஞ்சம் விளையாடலாம். வாங்க! அவர்களை ஜோடிகளாக
ஆட விடுவதற்குப் பதில் மூவராய் ஆட விடலாம். இதனால் மோதலின் பலன்
அதிகரிக்கிறது.









மகிழ்ச்சியா?

அறிவியல் பா... அது!

எப்படி இருந்த
பூமி இப்படி
ஆயிடுச்சு...

முற்றும்